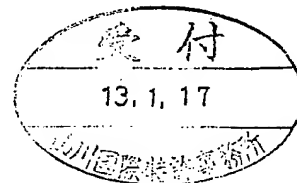


P14751-A

特 許 協 力 条 約

発信人 日本国特許庁（国際調査機関）



出願人代理人

山川 政樹

殿

あて名

〒 100-0014

東京都千代田区永田町2-4-2
秀和溜池ビル8階

PCT

国際調査報告又は国際調査報告を作成しない旨
の決定の送付の通知書

(法施行規則第41条)

[PCT規則44.1]

発送日
(日.月.年)

13.01.01

出願人又は代理人
の書類記号

YHC-1206PCT

今後の手続きについては、下記1及び4を参照。

国際出願番号

PCT/JP00/06898

国際出願日
(日.月.年)

04.10.00

出願人（氏名又は名称）

株式会社 山武

1. ☒ 国際調査報告が作成されたこと、及びこの送付書とともに送付することを、出願人に通知する。

PCT19条の規定に基づく補正書及び説明書の提出

出願人は、国際出願の請求の範囲を補正することができる（PCT規則46参照）。

いつ 補正書の提出期間は、通常国際調査報告の送付の日から2月である。

詳細については添付用紙の備考を参照すること。

どこへ 直接次の場所へ

The International Bureau of WIPO

34, chemin des Colombettes

1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22)740.14.35

詳細な手続きについては、添付用紙の備考を参照すること。

2. ☐ 国際調査報告が作成されないこと、及び法第8条第2項（PCT17条(2)(a)）の規定による国際調査報告を作成しない旨の決定をこの送付書とともに送付することを、出願人に通知する。

3. ☐ 法施行規則第44条（PCT規則40.2）に規定する追加手数料の納付に対する異議の申立てに関して、出願人に下記の点を通知する。

☐ 異議の申立てと当該異議についての決定を、その異議の申し立てと当該異議についての決定の両方を指定官庁へ送付することを求める出願人の請求とともに、国際事務局へ送付した。

☐ 当該異議についての決定は、まだ行われていない。決定されしだい出願人に通知する。

4. 今後の手続： 出願人は次の点に注意すること。

優先日から18月経過後、国際出願は国際事務局によりすみやかに国際公開される。出願人が公開の延期を望むときは、国際出願又は優先権の主張の取下げの通知がPCT規則90の2.1及び90の2.3にそれぞれ規定されているように、国際公開の事務的な準備が完了する前に国際事務局に到達しなければならない。

出願人が優先日から30月まで（官庁によってはもっと遅く）国内段階の開始を延期することを望むときは、優先日から19月以内に、国際予備審査の請求書が提出されなければならない。

国際予備審査の請求書若しくは、後にする選択により優先日から19箇月以内に選択しなかった又は第II章に拘束されないため選択できなかったすべての指定官庁に対しては優先日から20月以内に、国内段階の開始のための所定手続を取らなければならない。

名称及びあて名

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員

特 許 庁 長 官

3 H 9 7 1 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3314

注 意

1. 国際調査報告の発送日から起算する条約第19条(1)及び規則46.1に従う国際事務局への補正期間に注意してください。
2. 条約22条(2)に規定する期間に注意してください。
3. 文献の写しの請求について

国際調査報告に記載した文献の複写

特許庁にこれらの引用文献の写しを請求することもできますが、日本特許情報機構でもこれらの引用文献の複写物を販売しています。日本特許情報機構に引用文献の複写物を請求する場合は下記の点に注意してください。

〔申込方法〕

- (1) 特許(実用新案・意匠)公報については、下記の点を明記してください。

- 特許・実用新案及び意匠の種類
- 出願公告又は出願公開の年次及び番号(又は特許番号、登録番号)
- 必要部数

- (2) 公報以外の文献の場合は、下記の点に注意してください。

- 国際調査報告の写しを添付してください(返却します)。

〔申込み及び照会先〕

〒135 東京都江東区東陽4-1-7 佐藤ダイヤビル
財団法人 日本特許情報機構 サービス課
TEL 03-5690-3900

注意 特許庁に対して文献の写しの請求をすることができる期間は、国際出願日から7年です。

様式PCT/ISA/220の備考

この備考は、PCT 19条の規定に基づく補正書の提出に関する基本的な指示を与えるためのものである。この備考は特許協力条約並びにこの条約に基づく規則及び実施細則の規定に基づいている。この備考とそれらの規定とが相違する場合には、後者が適用される。詳細な情報については、WIPOの出版物であるPCT出願人の手引も参照すること。

PCT 19条の規定に基づく補正書の提出に関する指示

出願人は、国際調査報告を受領した後、国際出願の請求の範囲を補正する機会が一回ある。しかし、国際出願のすべての部分（請求の範囲、明細書及び図面）が、国際予備審査の手續においても補正できるもので、例えば出願人が仮保護のために補正書を公開することを希望する場合又は国際公開前に請求の範囲を補正する別の理由がある場合を除き、通常PCT 19条の規定に基づく補正書を提出する必要はないことを強調しておく。さらに、仮保護は一部の国のみで与えられるだけであることも強調しておく。

補正の対象となるもの

PCT 19条の規定により請求の範囲のみ補正することができる。

国際段階においてPCT 34条の規定に基づく国際予備審査の手續において請求の範囲を（更に）補正することができる。

明細書及び図面は、PCT 34条の規定に基づく国際予備審査の手續においてのみ補正することができる。

国内段階に移行する際、PCT 28条（又はPCT 41条）の規定により、国際出願のすべての部分を補正することができる。

いつ

国際調査報告の送付の日から2月又は優先日から16月の内どちらか遅く満了するほうの期間内。しかし、その期間の満了後であっても国際公開の技術的な準備の完了前に国際事務局が補正を受領した場合には、その補正書は、期間内に受理されたものとみなすことを強調しておく（PCT規則46.1）。

補正書を提出すべきところ

補正書は、国際事務局のみに提出でき、受理官庁又は国際調査機関には提出してはいけない（PCT規則46.2）。国際予備審査の請求書を提出した／する場合については、以下を参照すること。

どのように

1以上の請求の範囲の削除、1以上の新たな請求の範囲の追加、又は1以上の請求の範囲の記載の補正による。

差替え用紙は、補正の結果、出願当初の用紙と相違する請求の範囲の各用紙毎に提出する。

差替え用紙に記載されているすべての請求の範囲には、アラビア数字を付さなければならない。請求の範囲を削除する場合、その他の請求の範囲の番号を付け直す必要はない。請求の範囲の番号を付け直す場合には、連続番号で付け直すなければならない（PCT実施細則第205号(b)）。

補正は国際公開の言語で行う。

補正書にどのような書類を添付しなければならないか

書簡（PCT実施細則第205号(b)）

補正書には書簡を添付しなければならない。

書簡は国際出願及び補正された請求の範囲とともに公開されることはない。これを「PCT 19条(1)に規定する説明書」と混同してはならない（「PCT 19条(1)に規定する説明書」については、以下を参照）。

書簡は、英語又は仏語を選択しなければならない。ただし、国際出願の言語が英語の場合、書簡は英語で、仏語の場合、書簡は仏語で記載しなければならない。

書簡には、出願時の請求の範囲と補正された請求の範囲との相違について表示しなければならない。特に、国際出願に記載した各請求の範囲との関連で次の表示（2以上の請求の範囲についての同一の表示する場合は、まとめることができる。）をしなければならない。

- (i) この請求の範囲は変更しない。
- (ii) この請求の範囲は削除する。
- (iii) この請求の範囲は追加である。
- (iv) この請求の範囲は出願時の1以上の請求の範囲と差し替える。
- (v) この請求の範囲は出願時の請求の範囲の分割の結果である。

次に、添付する書簡中での、補正についての説明の例を示す。

1. [請求の範囲の一部の補正によって請求の範囲の項数が48から51になった場合] :
“請求の範囲1-29、31、32、34、35、37-48項は、同じ番号のもとに補正された請求の範囲と置き換えられた。請求の範囲30、33及び36項は変更なし。新たに請求の範囲49-51項が追加された。”
2. [請求の範囲の全部の補正によって請求の範囲の項数が15から11になった場合] :
“請求の範囲1-15項は、補正された請求の範囲1-11項に置き換えられた。”
3. [原請求の範囲の項数が14で、補正が一部の請求の範囲の削除と新たな請求の範囲の追加を含む場合] :
“請求の範囲1-6及び14項は変更なし。請求の範囲7-13は削除。新たに請求の範囲15、16及び17項を追加。”又は
“請求の範囲7-13は削除。新たに請求の範囲15、16及び17項を追加。その他の全ての請求の範囲は変更なし。”
4. [各種の補正がある場合] :
“請求の範囲1-10項は変更なし。請求の範囲11-13、18及び19項は削除。請求の範囲14、15及び16項は補正された請求の範囲14項に置き換えられた。請求の範囲17項は補正された請求の範囲15、16及び17項に分割された。新たに請求の範囲20及び21項が追加された。”

“PCT19条(1)の規定に基づく説明書”(PCT規則46.4)

補正書には、補正並びにその補正が明細書及び図面に与える影響についての説明書を提出することができる(明細書及び図面はPCT19条(1)の規定に基づいては補正できない)。

説明書は、国際出願及び補正された請求の範囲とともに公開される。

説明書は、国際公開の言語で作成しなければならない。

説明書は、簡潔でなければならない、英語の場合又は英語に翻訳した場合に500語を越えてはならない。

説明書は、出願時の請求の範囲と補正された請求の範囲との相違を示す書簡と混同してはならない。説明書を、その書簡に代えることはできない。説明書は別紙で提出しなければならない、見出しを付すものとし、その見出しは“PCT19条(1)の規定に基づく説明書”の語句を用いることが望ましい。

説明書には、国際調査報告又は国際調査報告に列記された文献との関連性に関して、これらを誹謗する意見を記載してはならない。国際調査報告に列記された特定の請求の範囲に関連する文献についての言及は、当該請求の範囲の補正に関してのみ行うことができる。

国際予備審査の請求書が提出されている場合

PCT19条の規定に基づく補正書及び添付する説明書の提出の時に国際予備審査の請求書が既に提出されている場合には、出願人は、補正書(及び説明書)を国際事務局に提出すると同時にその写し及び必要な場合、その翻訳文を国際予備審査機関にも提出することが望ましい(PCT規則55.3(a)、62.2の第1文を参照)。詳細は国際予備審査請求書(PCT/ISA/401)の注意書参照。

国内段階に移行するための国際出願の翻訳に関して

国内段階に移行する際、PCT19条の規定に基づいて補正された請求の範囲の翻訳を出願時の請求の範囲の翻訳の代わりに又は追加して、指定官庁/選択官庁に提出しなければならないこともあるので、出願人は注意されたい。

指定官庁/選択官庁の詳細な要求については、PCT出願人の手引きの第II巻を参照。

P C T

国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)
[P C T 1 8 条、P C T 規則43、44]

出願人又は代理人 Y H C - の書類記号 1 2 0 6 P C T	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(P C T / I S A / 2 2 0) 及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 P C T / J P 0 0 / 0 6 8 9 8	国際出願日 (日.月.年) 0 4 . 1 0 . 0 0	優先日 (日.月.年) 0 5 . 1 0 . 9 9
出願人(氏名又は名称) 株式会社 山武		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(P C T 1 8 条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第 I 欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第 II 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第 III 欄に示されているように、法施行規則第47条(P C T 規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G05B 13/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G05B 13/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2000年

日本国実用新案登録公報 1996-2000年

日本国登録実用新案公報 1994-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEEホームページ

JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	三平, 古賀, 森永, 伊藤, 北條, “アドバンスト制御をいかに実現するか—制御手法の選定と性能比較—H ∞ ロバスト制御”、計装、有限会社工業技術社、1998年4月1日発行、第41巻、第4号、第53~58頁	1, 2, 4, 10-13 3, 5-9
X Y	北條, 清水, 曾禰, 三平, 古田, “高度制御の蒸留プロセスへの適用—ベンチマーク・スタディー”、セーブメーション・レビュー、山武ハネウエル株式会社、1997年8月1日発行、第15巻、第2号、第2~13頁	1, 2, 4, 10-13 3, 5-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 12. 00

国際調査報告の発送日

16.01.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

仲村 靖

3H

9716

印

電話番号 03-3581-1101 内線 3314

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	WO, 96/31811, A (HONEYWELL Inc.), 10. 10月. 1996 (10. 10. 96), 全頁 & US, 5574638, A & JP, 11-509344, A	1, 2, 10-13 3-9
X A	JP, 8-328605, A (トヨタ自動車株式会社), 13. 12月. 1996 (13. 12. 96), 第10頁右欄第12行~第11頁左欄第29行 (ファミリーなし)	1, 10-13 2-9
X Y A	JP, 7-253804, A (キャノン株式会社), 3. 10月. 1995 (03. 10. 95), 第11頁左欄第23行~第13頁左欄第13行 & US, 5726879, A	1, 10-13 8, 9 2-7
X Y A	JP, 8-54906, A (株式会社東芝), 27. 2月. 1996 (27. 02. 96), 第13頁左欄第49行~第14頁左欄第43行 (ファミリーなし)	1, 10-13 8, 9 2-7
X A	T. D. Morphopoulos, M. G. Safonov, "CONVEXITY OF DIAGONALLY -SCALED INFINITY NORM OPTIMAL CONTROL PROBLEMS - THE SQUARE, ONE-SIDED CASE", Proc. of the 27th Conference on Decision and Control, IEEE, Dec. 1988, 1341-1342	1, 10-13 2-9
X A	Mohammed Dahleh, Alberto Tesi, Antonio Vicino, "Robust Stability/Performance of Interconnected Interval Plants with Structured Norm Bounded Perturbations", Proc. of the 31st Conference on Decision and Control, IEEE, Dec. 1992, 3169-3174	1, 2, 10-13 3-9

PATENT COOPERATION TREATY

PCT/JP00/06898

P14751A

PCT

NOTIFICATION OF RECEIPT OF
RECORD COPY

(PCT Rule 24.2(a))

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

12.11.16

YAMAKAWA, Masaki
c/o Yamakawa International Patent
Office, 8th Floor, Shuwa-Tameike
Building
4-2, Nagatacho 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0014
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 27 October 2000 (27.10.00)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference YHC-1206PCT	International application No. PCT/JP00/06898

The applicant is hereby notified that the International Bureau has received the record copy of the international application as detailed below.

Name(s) of the applicant(s) and State(s) for which they are applicants:

YAMATAKE CORPORATION (for all designated States except US)
HOJO, Tatsuya et al (for US)

International filing date : 04 October 2000 (04.10.00)
Priority date(s) claimed : 05 October 1999 (05.10.99)
05 October 1999 (05.10.99)

Date of receipt of the record copy
by the International Bureau : 20 October 2000 (20.10.00)

List of designated Offices :

AP : GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW
EA : AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM
EP : AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE
OA : BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG
National : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VN, YU, ZA, ZW

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer:

Susumu Kubo

Telephone No. (41-22) 338.83.38

Continuation of Form PCT/IB/301

NOTIFICATION OF RECEIPT OF RECORD COPY

Date of mailing (day/month/year) 27 October 2000 (27.10.00)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference YHC-1206PCT	International application No. PCT/JP00/06898

ATTENTION

The applicant should carefully check the data appearing in this Notification. In case of any discrepancy between these data and the indications in the international application, the applicant should immediately inform the International Bureau.

In addition, the applicant's attention is drawn to the information contained in the Annex, relating to:

- ☒ time limits for entry into the national phase
- ☐ confirmation of precautionary designations
- ☒ requirements regarding priority documents

A copy of this Notification is being sent to the receiving Office and to the International Searching Authority.

INFORMATION ON TIME LIMITS FOR ENTERING THE NATIONAL PHASE

The applicant is reminded that the "national phase" must be entered before each of the designated Offices indicated in the Notification of Receipt of Record Copy (Form PCT/IB/301) by paying national fees and furnishing translations, as prescribed by the applicable national laws.

The time limit for performing these procedural acts is **20 MONTHS** from the priority date or, for those designated States which the applicant elects in a demand for international preliminary examination or in a later election, **30 MONTHS** from the priority date, provided that the election is made before the expiration of 19 months from the priority date. Some designated (or elected) Offices have fixed time limits which expire even later than 20 or 30 months from the priority date. In other Offices an extension of time or grace period, in some cases upon payment of an additional fee, is available.

In addition to these procedural acts, the applicant may also have to comply with other special requirements applicable in certain Offices. **It is the applicant's responsibility** to ensure that the necessary steps to enter the national phase are taken in a timely fashion. Most designated Offices do not issue reminders to applicants in connection with the entry into the national phase.

For detailed information about the procedural acts to be performed to enter the national phase before each designated Office, the applicable time limits and possible extensions of time or grace periods, and any other requirements, see the relevant Chapters of Volume II of the PCT Applicant's Guide. Information about the requirements for filing a demand for international preliminary examination is set out in Chapter IX of Volume I of the PCT Applicant's Guide.

GR and ES became bound by PCT Chapter II on 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, and may, therefore, be elected in a demand or a later election filed on or after 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, regardless of the filing date of the international application. (See second paragraph above.)

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

CONFIRMATION OF PRECAUTIONARY DESIGNATIONS

This notification lists only specific designations made under Rule 4.9(a) in the request. It is important to check that these designations are correct. Errors in designations can be corrected where precautionary designations have been made under Rule 4.9(b). The applicant is hereby reminded that any precautionary designations may be confirmed according to Rule 4.9(c) before the expiration of 15 months from the priority date. If it is not confirmed, it will automatically be regarded as withdrawn by the applicant. There will be no reminder and no invitation. Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying the designated State concerned (with an indication of the kind of protection or treatment desired) and the payment of the designation and confirmation fees. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.

REQUIREMENTS REGARDING PRIORITY DOCUMENTS

For applicants who have not yet complied with the requirements regarding priority documents, the following is recalled.

Where the priority of an earlier national, regional or international application is claimed, the applicant must submit a copy of the said earlier application, certified by the authority with which it was filed ("the priority document") to the receiving Office (which will transmit it to the International Bureau) or directly to the International Bureau, before the expiration of 16 months from the priority date, provided that any such priority document may still be submitted to the International Bureau before that date of international publication of the international application, in which case that document will be considered to have been received by the International Bureau on the last day of the 16-month time limit (Rule 17.1(a)).

Where the priority document is issued by the receiving Office, the applicant may, instead of submitting the priority document, request the receiving Office to prepare and transmit the priority document to the International Bureau. Such request must be made before the expiration of the 16-month time limit and may be subjected by the receiving Office to the payment of a fee (Rule 17.1(b)).

If the priority document concerned is not submitted to the International Bureau or if the request to the receiving Office to prepare and transmit the priority document has not been made (and the corresponding fee, if any, paid) within the applicable time limit indicated under the preceding paragraphs, any designated State may disregard the priority claim, provided that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

Where several priorities are claimed, the priority date to be considered for the purposes of computing the 16-month time limit is the filing date of the earliest application whose priority is claimed.

PATENT COOPERATION TREATY

WO 01/25861
PCT/JP00/06898

P14751-A

PCT

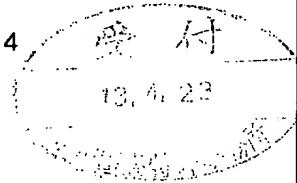
NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

YAMAKAWA, Masaki
c/o Yamakawa International Patent
Office
8th Floor, Shuwa-Tameike Building
4-2, Nagatacho 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0014
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 12 April 2001 (12.04.01)		IMPORTANT NOTICE	
Applicant's or agent's file reference YHC-1206PCT			
International application No. PCT/JP00/06898	International filing date (day/month/year) 04 October 2000 (04.10.00)	Priority date (day/month/year) 05 October 1999 (05.10.99)	
Applicant YAMATAKE CORPORATION et al			

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:
AU,KP,KR,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

AE,AG,AL,AM,AP,AT,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EA,EE,EP,ES,
FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,KE,KG,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,
MW,MX,MZ,NO,NZ,OA,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,
The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on
12 April 2001 (12.04.01) under No. WO 01/25861

REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer J. Zahra
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.83.38

EP

US

PCT

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
〔PCT18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 YHC- の書類記号 1206PCT	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP00/06898	国際出願日 (日.月.年) 04.10.00	優先日 (日.月.年) 05.10.99
出願人(氏名又は名称) 株式会社 山武		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G05B 13/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G05B 13/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEEホームページ
 JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	三平, 古賀, 森永, 伊藤, 北條, “アドバンスト制御をいかに実現するか—制御手法の選定と性能比較—H ∞ ロバスト制御”, 計装、有限会社工業技術社、 1998年4月1日発行、第41巻、第4号、第53～58頁	1, 2, 4, 10-13 3, 5-9
X Y	北條, 清水, 曾禰, 三平, 古田, “高度制御の蒸留プロセスへの適用—ベンチマーク・スタディー”, セーブメーション・レビュー、山武ハネウエル株式会社、 1997年8月1日発行、第15巻、第2号、第2～13頁	1, 2, 4, 10-13 3, 5-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.12.00

国際調査報告の発送日

16.01.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

仲村 靖

印

3H


9716

電話番号 03-3581-1101 内線 3314

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	WO, 96/31811, A (HONEYWELL Inc.), 10. 10月. 1996 (10. 10. 96), 全頁 & US, 5574638, A & JP, 11-509344, A	1, 2, 10-13 3-9
X A	JP, 8-328605, A (トヨタ自動車株式会社), 13. 12月. 1996 (13. 12. 96), 第10頁右欄第12行~第11頁左欄第29行 (ファミリーなし)	1, 10-13 2-9
X Y A	JP, 7-253804, A (キャノン株式会社), 3. 10月. 1995 (03. 10. 95), 第11頁左欄第23行~第13頁左欄第13行 & US, 5726879, A	1, 10-13 8, 9 2-7
X Y A	JP, 8-54906, A (株式会社東芝), 27. 2月. 1996 (27. 02. 96), 第13頁左欄第49行~第14頁左欄第43行 (ファミリーなし)	1, 10-13 8, 9 2-7
X A	T. D. Morphopoulos, M. G. Safonov, "CONVEXITY OF DIAGONALLY -SCALED INFINITY NORM OPTIMAL CONTROL PROBLEMS - THE SQUARE, ONE-SIDED CASE", Proc. of the 27th Conference on Decision and Control, IEEE, Dec. 1988, 1341-1342	1, 10-13 2-9
X A	Mohammed Dahleh, Alberto Tesi, Antonio Vicino, "Robust Stability/Performance of Interconnected Interval Plants with Structured Norm Bounded Perturbations", Proc. of the 31st Conference on Decision and Control, IEEE, Dec. 1992, 3169-3174	1, 2, 10-13 3-9

特許協力条約に基づく国際出願願書

原本 (出願用) - 印刷日時 2000年10月04日 (04.10.2000) 水曜日 12時25分32秒

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号.	
0-2	国際出願日	
0-3	(受付印)	
0-4	様式-PCT/RO/101	
0-4-1	この特許協力条約に基づく 国際出願願書は、 右記によって作成された。	PCT-EASY Version 2.91 (updated 01.07.2000)
0-5	申立て 出願人は、この国際出願が特許 協力条約に従って処理されるこ とを請求する。	
0-6	出願人によって指定された 受理官庁	日本国特許庁 (RO/JP)
0-7	出願人又は代理人の書類記 号	YHC-1206PCT
I	発明の名称	コントローラの設計装置
II	出願人	出願人である (applicant only)
II-1	この欄に記載した者は	米国を除くすべての指定国 (all designated
II-2	右の指定国についての出願人で ある。	States except US)
II-4ja	名称	株式会社山武
II-4en	Name	YAMATAKE CORPORATION
II-5ja	あて名:	150-8316 日本国
		東京都 渋谷区
		渋谷二丁目12番19号
II-5en	Address:	12-19, Shibuya 2-chome
		Shibuya-ku, Tokyo 150-8316
		Japan
II-6	国籍 (国名)	日本国 JP
II-7	住所 (国名)	日本国 JP
II-8	電話番号	03-3798-8971
II-9	ファクシミリ番号	03-3798-8447

III-1 III-1-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-1-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-1-4ja III-1-4en III-1-5ja	氏名 (姓名) Name (LAST, First) あて名:	北條 達也 HOJO, Tatsuya 150-8316 日本国 東京都 渋谷区 渋谷二丁目12番19号 株式会社山武内
III-1-5en	Address:	c/o YAMATAKE CORPORATION 12-19, Shibuya 2-chome Shibuya-ku, Tokyo 150-8316 Japan
III-1-6	国籍 (国名)	日本国 JP
III-1-7	住所 (国名)	日本国 JP
III-2 III-2-1	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-2-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-2-4ja III-2-4en III-2-5ja	氏名 (姓名) Name (LAST, First) あて名:	黒崎 淳 KUROSAKI, Atsushi 150-8316 日本国 東京都 渋谷区 渋谷二丁目12番19号 株式会社山武内
III-2-5en	Address:	c/o YAMATAKE CORPORATION 12-19, Shibuya 2-chome Shibuya-ku, Tokyo 150-8316 Japan
III-2-6	国籍 (国名)	日本国 JP
III-2-7	住所 (国名)	日本国 JP
IV-1 IV-1-1ja IV-1-1en IV-1-2ja	代理人又は共通の代表者、 通知のあて名 下記の者は国際機関において右記のごとく出願人のために行動する。 氏名 (姓名) Name (LAST, First) あて名:	代理人 (agent) 山川 政樹 YAMAKAWA, Masaki 100-0014 日本国 東京都 千代田区 永田町2丁目4番2号 秀和溜池ビル8階 山川国際特許事務所内
IV-1-2en	Address:	c/o Yamakawa international Patent Office, 8th Floor, Shuwa-Tameike Building 4-2, Nagatacho 2-chome Chiyoda-ku, Tokyo 100-0014 Japan
IV-1-3	電話番号	03-3580-0961
IV-1-4	ファクシミリ番号	03-3581-5754
IV-1-5	電子メール	yamakawaipo@mtc.biglobe.ne.jp

特許協力条約に基づく国際出願願書


原本（出願用） - 印刷日時 2000年10月04日 (04. 10. 2000) 水曜日 12時25分32秒

V	国の指定	
V-1	広域特許 (他の種類の保護又は取扱いを 求める場合には括弧内に記載す る。)	AP: GH GM KE LS MW MZ SD SL SZ TZ UG ZW 及びハラレプロトコルと特許協力条約の締約国で ある他の国 EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM 及びユーラシア特許条約と特許協力条約の締約国 である他の国 EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE 及びヨーロッパ特許条約と特許協力条約の締約国 である他の国 OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GW ML MR NE SN TD TG 及びアフリカ知的所有権機構と特許協力条約の締 約国である他の国
V-2	国内特許 (他の種類の保護又は取扱いを 求める場合には括弧内に記載す る。)	AE AG AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY BZ CA CH&LI CN CR CU CZ DE DK DM DZ EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX MZ NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZW
V-5	指定の確認の宣言 出願人は、上記の指定に加えて 、規則4.9(b)の規定に基づき、 特許協力条約のもとで認められ る他の全ての国の指定を行う。 ただし、V-6欄に示した国の指 定を除く。出願人は、これらの 追加される指定が確認を条件と していること、並びに優先日から 15月が経過する前にその確認 がなされない指定は、この期間 の経過時に、出願人によって取 り下げられたものとみなされる ことを宣言する。	
V-6	指定の確認から除かれる国	なし (NONE)
VI-1	先の国内出願に基づく優先 権主張	
VI-1-1	先の出願日	1999年10月05日 (05. 10. 1999)
VI-1-2	先の出願番号	特願平11-283978
VI-1-3	国名	日本国 JP
VI-2	先の国内出願に基づく優先 権主張	
VI-2-1	先の出願日	1999年10月05日 (05. 10. 1999)
VI-2-2	先の出願番号	特願平11-283981
VI-2-3	国名	日本国 JP
VI-3	優先権証明書送付の請求 上記の先の出願のうち、右記の 番号のものについては、出願書 類の認証謄本を作成し国際事務 局へ送付することを、受理官庁 に対して請求している。	VI-1, VI-2
VII-1	特定された国際調査機関 (ISA A)	日本国特許庁 (ISA/JP)

特許協力条約に基づく国際出願願書

YHC-1206PCT

原本（出願用） - 印刷日時 2000年10月04日（04.10.2000）水曜日 12時25分32秒

VIII	照合欄	用紙の枚数	添付された電子データ
VIII-1	願書	4	-
VIII-2	明細書	42	-
VIII-3	請求の範囲	5	-
VIII-4	要約	1	yhc-1206y.txt
VIII-5	図面	11	-
VIII-7	合計	63	
	添付書類	添付	添付された電子データ
VIII-8	手数料計算用紙	✓	-
VIII-9	別個の記名押印された委任状	✓	-
VIII-16	PCT-EASYディスク	-	フレキシブルディスク
VIII-17	その他	納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した書面	-
VIII-17	その他	国際事務局の口座への振り込を証明する書面	-
VIII-18	要約書とともに提示する図の番号	1	
VIII-19	国際出願の使用言語名:	日本語 (Japanese)	
IX-1	提出者の記名押印		
IX-1-1	氏名 (姓名)		

受理官庁記入欄

10-1	国際出願として提出された書類の実際の受理の日	
10-2	図面:	
10-2-1	受理された	
10-2-2	不足図面がある	
10-3	国際出願として提出された書類を補完する書類又は図面であってその後期間内に提出されたものの実際の受理の日 (訂正日)	
10-4	特許協力条約第11条(2)に基づく必要な補完の期間内の受理の日	
10-5	出願人により特定された国際調査機関	ISA/JP
10-6	調査手数料未払いにつき、国際調査機関に調査用写しを送付していない	

国際事務局記入欄

11-1	記録原本の受理の日	
------	-----------	--

PCT手数料計算用紙(願書付属書)

原本(出願用) - 印刷日時 2000年10月04日 (04.10.2000) 水曜日 12時25分32秒

[この用紙は、国際出願の一部を構成せず、国際出願の用紙の枚数に算入しない]

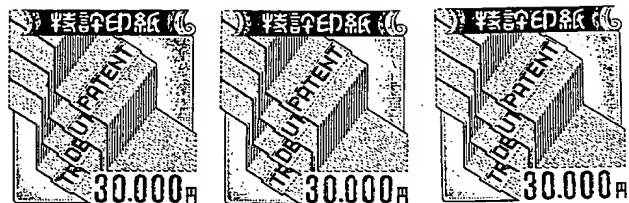
0	受理官庁記入欄		
0-1	国際出願番号.		
0-2	受理官庁の日付印		
0-4	様式-PCT/RO/101 (付属書)		
0-4-1	このPCT手数料計算用紙は、 右記によって作成された。		PCT-EASY Version 2.91 (updated 01.07.2000)
0-9	出願人又は代理人の書類記号		YHC-1206PCT
2	出願人		株式会社山武
12	所定の手数料の計算	金額/係数	小計 (JPY)
12-1	送付手数料 T	⇒	18,000
12-2	調査手数料 S	⇒	72,000
12-3	国際手数料		
	基本手数料 (最初の30枚まで) b1	40,700	
12-4	30枚を越える用紙の枚数	33	
12-5	用紙1枚の手数料 (X)	940	
12-6	合計の手数料 b2	31,020	
12-7	b1 + b2 = B	71,720	
12-8	指定手数料		
	国際出願に含まれる指定国 数	87	
12-9	支払うべき指定手数料の数 (上限は8)	8	
12-10	1指定当たりの手数料 (X)	8,800	
12-11	合計の指定手数料 D	70,400	
12-12	PCT-EASYによる料金の 減額 R	-12,500	
12-13	国際手数料の合計 (B+D-R) I	⇒	129,620
12-14	優先権証明書請求手数料		
	優先権証明書を請求した数	2	
12-15	1 優先権証明書当たり (X) の手数料	1,400	
12-16	優先権証明書請求手数料 の合計 P	⇒	2,800
12-17	納付すべき手数料の合計 (T+S+I+P)	⇒	222,420
12-19	支払方法	送付手数料: 特許印紙 調査手数料: 特許印紙 国際手数料: 銀行口座への振込み 優先権証明書請求手数料: 特許印紙	

EASYによるチェック結果と出願人による言及

PCT手数料計算用紙(願書付属書)

原本(出願用) - 印刷日時 2000年10月04日 (04.10.2000) 水曜日 12時25分32秒

13-2-10	EASYによるチェック結果 受理官庁／国際事務局記入 欄	Green? この願書を作成したPCT-EASYは英語版ないし西欧 言語版以外のWindows上で動作しています。ASCII 文字以外の文字について、願書と電子データを注 意して比較してください。
---------	------------------------------------	--



送付手数料・調査手数料 90,000円

ご利用明細

ご来店いただき
ありがとうございます。



東京三菱銀行

年月日	取扱店番	受付通番	お取引内容
121004	041204	9592	お振込
銀行番号	支店番号	口座番号	
お取扱金種			
円 12 千円 1 4 500円 1 4 0 100円 3 0 5			
お取引金額			¥129,620*
お取引 でない場合	残高		
時刻 11.52	税込手数料	¥315* おつり	
東京三菱銀行 内幸町支店 普通 0473286 WIPO-PCT GENEVA様 ヤマコクサイトツキヨシムシヨ様 03-3580-0961			

基本手数料 71,720円

指定手数料 70,400円

PCT-EASYによる料金の減額 -12,500円

129,620円

委任状

私儀、弁理士 山川政樹、黒川弘朗、紺野正幸、
西山修、山川茂樹を代理人と定めて、下記の権限を委任する。

記

1. 特許協力条約に基づく国際出願
に関する一切の件
2. 上記出願及び指定国の指定を取り下げる件
3. 上記出願についての国際予備審査の請求に関する一切の件並びに請求及び選択
国の選択を取り下げる件
4. 上記事項を処理するため復代理人を選任及び解任すること。

2000年10月4日

あて名 〒150-8316
東京都渋谷区渋谷二丁目12番19号
名 称 株式会社山武

代表者 佐藤 良晴



委任状


私儀、弁理士 山 川 政 樹、黒 川 弘 朗、紺 野 正 幸、
西 山 修、山 川 茂 樹 を代理人と定めて、下記の権限を委任する。

記

1. 特許協力条約に基づく国際出願
に関する一切の件
2. 上記出願及び指定国の指定を取り下げる件
3. 上記出願についての国際予備審査の請求に関する一切の件並びに請求及び選択
国の選択を取り下げる件
4. 上記事項を処理するため復代理人を選任及び解任すること。

2000 年 10 月 4 日

あて名 〒150-8316
東京都渋谷区渋谷二丁目12番19号 株式会社山武内

氏 名 北條 達也 

委任状


私儀、弁理士 山 川 政 樹、黒 川 弘 朗、紺 野 正 幸、
西 山 修、山 川 茂 樹 を代理人と定めて、下記の権限を委任する。

記

1. 特許協力条約に基づく国際出願
に関する一切の件
2. 上記出願及び指定国の指定を取り下げる件
3. 上記出願についての国際予備審査の請求に関する一切の件並びに請求及び選択
国の選択を取り下げる件
4. 上記事項を処理するため復代理人を選任及び解任すること。

2000 年 10 月 4 日

あて名 〒150-8316
東京都渋谷区渋谷二丁目12番19号 株式会社山武内

氏 名 黒崎 淳 

明 細 書

コントローラの設計装置

1. 技術分野

本発明は、多変数コントローラの設計を H_∞ インフィニティ (H_∞) 制御理論に基づいて行う設計装置に関するものである。

2. 背景技術

近年、フィードバック制御の分野では、実際の制御対象と制御対象の数値モデルとの誤差を考慮した制御設計を可能にする H_∞ 制御理論を利用することが多くなっている。従来の制御理論では、制御系を設計するとき、伝達関数や状態方程式で表される制御対象のモデルを求め、そのモデルを安定化するように制御系を設計する。このとき、実際の制御対象とモデルとの誤差が十分に小さい場合には、モデルを安定化するように設計されたコントローラが実際の制御対象をも安定化することができる。しかし、何らかの理由でモデルと実際の制御対象との誤差が大きい場合には、コントローラが実際の制御対象を安定化できない場合がある。

H_∞ 制御理論では、実際の制御対象と設計に用いる数値モデルとの間に誤差があっても、その誤差に関する情報が得られる場合、その誤差を考慮に入れて、実際の制御対象を安定化するコントローラを設計することが可能になる。また、 H_∞ 制御理論は、従来の制御理論と比較して、制御系を設計する際に制御仕様が直感的に与えやすいと言われている。例えば、従来の制御理論を用いて制御系を設計する場合では、その設計仕様は閉ループ系の極であったり、評価関数の重み行列であった。しかし、これらの値の物理的な意味は不明確であり、その設定には多くの試行錯誤が必要であった。

これに対して、 H_∞ 制御理論では、制御対象とコントローラとからなる閉ループ系の周波数応答で制御仕様が指定することができる。 H_∞ 制御理論は、このような利点を持っているにもかかわらず、理論的に難解であり、実際の制御系を構築するには相当な知識を必要とすること、プロセス制御など周波数応答で考えに

くい対象に対しては制御仕様を与えにくい等の理由であまり実用化されていなかったのが現状である。

3. 発明の開示

〔発明が解決しようとする課題〕

多変数制御系の設計の際に用いられる制御対象モデルでは、各操作量から制御量に至る誤差成分の大きさがまちまちとなる。このように各操作量に対するモデルの誤差成分がまちまちであるのに対し、 H_∞ 制御理論では、誤差のゲインが大きい成分を基準にコントローラを設計するため、誤差のゲインが小さい成分については応答が非常に保守的、すなわち過剰に安定的なものになりがちである。また、制御量間の干渉を避けるために制御量毎の制御の重みを調整する必要が生じる場合がある。そこで、制御対象モデルの誤差の大きさを揃え、かつ制御量に対する制御の重み付けを行うために、スケーリング行列 T と呼ばれる操作量重みを導入することが提案されている。しかしながら、従来の設計手法では、スケーリング行列 T を決定する一般的な手法が確立されておらず、スケーリング行列 T を適切に選ぶことが難しいという問題点があった。また、スケーリング行列 T の決定が困難であったため、多変数コントローラの設計に H_∞ 制御理論を利用しにくいという問題点があった。

また、 H_∞ 制御理論では、閉ループ系の設定値追従特性を決定するために感度重み W_s と呼ばれる周波数重みを決める必要がある。しかしながら、 H_∞ 制御理論は周波数領域での設計法であるため、機械系の制御では設計がやり易いが、プロセス制御などのように周波数領域では考えにくい制御系の設計には利用しにくく、感度重み W_s を適切に選ぶことが難しいという問題点があった。また、周波数領域で制御仕様を与えることが難しく、感度重み W_s の決定が困難であったため、プロセス制御の分野で利用されるコントローラの設計に H_∞ 制御理論を利用しにくいという問題点があった。

以上のように、従来はコントローラの設計に H_∞ 制御理論を利用しにくいという問題点があった。

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、 H_∞ 制御理論に基づくコントローラの設計を容易に実現することができる設計装置を提供することを目

的とする。

〔課題を解決するための手段〕

本発明のコントローラの設計装置は、一般化プラントを記憶する記憶手段と、制御対象モデルの応答特性、又は制御対象モデルとコントローラとからなる閉ループ系の応答特性に基づいて一般化プラントの構成要素のパラメータを算出するパラメータ算出手段と、記憶手段に記憶された一般化プラントにパラメータを適用して、コントローラを導出するコントローラ算出手段とを備えるものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の1構成例において、一般化プラントは、制御対象モデルと、この制御対象モデルの前段に設けられた、制御対象モデルへの操作量入力を調整するための操作量重み調整手段とを有し、パラメータ算出手段は、制御対象モデルの周波数応答を算出する周波数応答算出手段と、操作量重み調整手段による操作量の重み付けを決定するスケーリング行列 T を、制御対象モデルの周波数応答に基づき制御対象モデルの各ゲインが揃うように算出するスケーリング行列算出手段とを有し、コントローラ算出手段は、記憶手段に記憶された一般化プラントの操作量重み調整手段にスケーリング行列 T を適用して、コントローラを導出するものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の1構成例において、一般化プラントは、操作量に対する第1の制御対象モデルと、外乱に対する第2の制御対象モデルと、第1の制御対象モデルの前段に設けられた、第1の制御対象モデルへの操作量入力を調整するための操作量重み調整手段とを有し、パラメータ算出手段は、第1の制御対象モデルと第2の制御対象モデルの周波数応答を算出する周波数応答算出手段と、操作量重み調整手段による操作量の重み付けを決定するスケーリング行列 T を、第1、第2の制御対象モデルの周波数応答に基づき第2の制御対象モデルの各ゲイン中の最大値に第1の制御対象モデルの各ゲインが揃うように算出するスケーリング行列算出手段とを有し、コントローラ算出手段は、記憶手段に記憶された一般化プラントの操作量重み調整手段にスケーリング行列 T を適用して、コントローラを導出するものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の1構成例において、記憶手段に記憶された一般化プラントは、操作量重み調整手段と操作量に対する制御対象モデル

とコントローラとからなる閉ループ系の内部に制御量を調整するための制御量重み調整手段を有し、設計装置は、制御量重み調整手段による制御量の重み付けを決定する重み行列 S を設定する設定手段を備えるものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の 1 構成例において、記憶手段に記憶された一般化プラントは、操作量重み調整手段と操作量に対する制御対象モデルとコントローラとからなる閉ループ系の設定値追従特性を決定するための周波数感度重み調整手段の前段または後段に、制御量を調整するための制御量重み調整手段を有し、設計装置は、制御量重み調整手段による制御量の重み付けを決定する重み行列 S を設定する設定手段を備えるものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の 1 構成例において、パラメータ算出手段は、閉ループ系の過渡応答特性を設定する設定手段と、閉ループ系の過渡応答特性に基づいて、閉ループ系の設定値追従特性を決定するための周波数感度重みを算出する周波数感度重み算出手段とを有し、コントローラ算出手段は、記憶手段に記憶された一般化プラントに周波数感度重みを適用して、コントローラを導出するものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の 1 構成例において、周波数感度重み算出手段は、閉ループ系の過渡応答特性と、閉ループ系の設定値から偏差に至る伝達関数に周波数感度重みを掛けた伝達関数の H_∞ ノルムが 1 未満であるという設計指標とに基づいて、周波数感度重みを算出するものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の 1 構成例において、設定手段は、閉ループ系の過渡応答特性を 1 次遅れ特性で近似するものである。

また、本発明のコントローラの設計装置の 1 構成例において、設定手段は、閉ループ系の過渡応答特性を 2 次系の特性で近似するものである。

4. 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 実施例となるコントローラの設計装置の構成を示すブロック図である。

図 2 は、実際の制御対象を数式化したモデルの構成を示すブロック図である。

図 3 は、従来的一般化プラントの構成を示すブロック図である。

図 4 は、本発明の設計装置で用いる一般化プラントの構成を示すブロック図で

ある。

図 5 は、図 4 の一般化プラントにコントローラを加えたロバスト制御系の構成を示すブロック図である。

図 6 は、本発明の第 1 実施例の設計装置を用いて設計したコントローラを含む実際のコントローラの構成を示すブロック図である。

図 7 は、制御対象の数値モデルの加法的誤差を示す図である。

図 8 は、感度重みの決定に際して用いる閉ループ系の構成を示すブロック図である。

図 9 は、本発明の第 1 実施例におけるスケーリング行列の働きを説明するための図である。

図 10 は、本発明の第 2 実施例におけるスケーリング行列の働きを説明するための図である。

図 11 は、本発明の第 3 実施例となるコントローラの設計装置の構成を示すブロック図である。

図 12 は、本発明の第 3 実施例における一般化プラントの構成を示すブロック図である。

図 13 は、本発明の第 3 実施例の設計装置を用いて設計したコントローラを含む実際のコントローラの構成を示すブロック図である。

図 14 は、本発明の第 4 実施例における一般化プラントの構成を示すブロック図である。

図 15 は、本発明の第 5 実施例となるコントローラの設計装置の構成を示すブロック図である。

図 16 は、実際の制御対象を数式化したモデルの構成を示すブロック図である。

図 17 は、従来的一般化プラントの構成を示すブロック図である。

図 18 は、本発明の設計装置で用いる一般化プラントの構成を示すブロック図である。

図 19 は、図 18 の一般化プラントにコントローラを加えたロバスト制御系の構成を示すブロック図である。

図 20 は、本発明の設計装置を用いて設計したコントローラを含む実際のコントローラの構成を示すブロック図である。

図 21 は、制御対象の数値モデルの加法的誤差を示す図である。

図 22 は、感度重みの決定に際して用いる閉ループ系の構成を示すブロック図である。

図 23 は、閉ループ系を 2 次系で近似したときの時間応答特性を示す図である。

。

5. 発明を実施するための最良の形態

〔第 1 実施例〕

次に、本発明の実施例について図面を参照して詳細に説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施例となるコントローラの設計装置の構成を示すブロック図である。図 1 の設計装置は、制御対象モデルのパラメータを入力するための制御対象モデル入力部 1 と、モデルパラメータを後述する記憶部に登録する制御対象モデル登録部 2 と、一般化プラントの数式とこの一般化プラントの一部である制御対象モデルの数式とを記憶する記憶部 3 と、制御対象モデルの周波数応答を算出する周波数応答算出部 4 と、制御対象モデルの誤差の大きさを揃えるためのスケーリング行列 T を、制御対象モデルの各ゲイン中の最大値に前記各ゲインが揃うように算出するスケーリング行列算出部 5 と、記憶部 3 に記憶された一般化プラントにスケーリング行列 T を適用して、コントローラのパラメータを導出するコントローラ算出部 6 とを有している。

H_∞ 制御理論に基づくコントローラ設計用アルゴリズムは、制御対象を用いて表現された一般化プラントに基づいて設計される。したがって、最初に一般化プラントについて説明する。図 2 は実際の制御対象を数式化したモデルの構成を示すブロック図である。図 2 に示す制御対象の数値モデルは、操作量 u に対する第 1 の制御対象モデル 11 と、外乱 w に対する第 2 の制御対象モデル 12 とからなる。 P_u はモデル 11 の伝達関数、 P_w はモデル 12 の伝達関数である。モデル 11, 12 は、実際の制御対象に対するステップ応答テストより得られたデータを用いてモデル同定を行った結果得られたものである。制御対象の出力である制御量 y は、モデル 11, 12 の出力を足し合わせたものとなる。

このような制御対象の数値モデルを含む従来の一般化プラントの構成を図3に示す。一般化プラントとは、図3に示すように、設定値追従特性を決定するために用いられる感度重み W_s 、と呼ばれる周波数重みと、ロバスト安定性を決定するために用いられる相補感度重み W_c 、と呼ばれる周波数重みとを設けて、制御対象の入力（操作量） u 、入力（外乱） w 、出力（制御量） y 以外に設定値 r 、出力 z_1 、 z_2 を導入して、設定値追従特性とロバスト安定性の両者を実現するためのものである。偏差 $e (= y - r)$ は、観測量、すなわちコントローラ（不図示）に対する入力となる。 13 は感度重み W_s を表すブロック（周波数感度重み調整手段）であり、 z_1 は設定値追従特性の評価を行うための出力である。また、 14 は相補感度重み W_c を表すブロックであり、 z_2 はロバスト安定性の評価を行うための出力である。

従来は、図3に示した一般化プラントにおいて、制御対象の数値モデルを基にモデルの不確かさを見積もって相補感度重み W_c を決め、設定値 r への追従性を考慮して周波数特性を直接指定して感度重み W_s を決めて、 γ イテレーションによりコントローラのパラメータを決定していた。しかしながら、図3の一般化プラントを用いると、各操作量のプラント出力に対するゲインの差により、ゲインが大きいものを基準にコントローラを設計することになるため、得られるコントローラは非常に保守的、すなわち過剰に安定的なものになりがちである。また、設定値追従特性と外乱応答特性は、通常、相反するものであるため、設計時にそれらを同じ重みを持って設計するよりは、目的に応じて重み付けできる方が好ましい。さらに、図3の一般化プラントでは、積分要素を含んでいない場合、定常偏差が生じる。感度重み W_s に積分特性を持たせることによってコントローラに積分特性を持たせることができるが、一般化プラントが可安定でなくなるため、標準の H_∞ 問題に帰着することができなくなる。

このため、本実施例では、図4に示すような一般化プラントを考える。図4において、 M は外乱 w による制御量 y への影響を調整するためのスケーリング行列、 T は制御対象モデルの誤差の大きさを揃えるためのスケーリング行列、 $\alpha^{-1}I$ は定常偏差をなくすための積分特性をコントローラに持たせるための重みである。ここで、 $\alpha(s) = s / (s + a)$ と定義される。なお、 s はラプラス演算子

であり、 $a (> 0)$ は任意の実数である。15 はスケーリング行列 M を表すブロック、16 はスケーリング行列 T を表すブロック（操作量重み調整手段）、17 は重み $\alpha^{-1} I$ を表すブロックである。偏差 e_2 は、偏差 e に重み $\alpha^{-1} I$ を掛けたもので、コントローラに対する入力となる。以上のような一般化プラントにコントローラ K を加えたロバスト制御系の構成を図5に示す。図5において、18 はコントローラ K を表すブロックである。

本実施例のコントローラの設計装置は、設定値 r に対して制御対象の出力である制御量 y が追従し、外乱 w の影響が除去され、かつ制御対象が変動したり制御対象のモデルに誤差があっても安定化できるようにコントローラ K のパラメータを決定することを目的としている。 H_∞ 制御問題は、 (r, w) から (z_1, z_2) までの伝達関数の H_∞ ノルム（ゲイン）を小さくする問題として考えることができる。すなわち、設定値追従特性、ロバスト安定性、外乱抑制性のそれぞれについて以下のように考えればよい。

(A) 設定値追従特性：設定値 r から偏差 e に至る伝達関数（より正確には、設定値 r に周波数重み $\alpha^{-1} W_s$ を掛けた、 r から z_1 に至る伝達関数）の H_∞ ノルム（ゲイン）を小さくすれば、偏差 e を小さくすることができ、設定値追従特性を良好にすることができる。なお、 $\alpha^{-1} W_s$ は、追従する帯域を制限する（例えば低域のみ追従するようにする）ための周波数重みとなる。

(B) ロバスト安定性：制御対象の特性変動やモデル化時の誤差により実際の制御対象とそのモデルとの間には誤差が存在する。同定したモデルからの誤差の最大値を $\Delta(s)$ として見積もり、この誤差に対して $|\Delta(j\omega)| < |W_i|$ 、 $|j\omega|$ となる相補感度重み $W_i(s)$ を用いて、設定値 r から z_2 までの H_∞ ノルムが1以下となるようにコントローラ K を設計すれば、ロバスト安定化を達成することができる。

(C) 外乱抑制性：外乱 w から偏差 e に至る伝達関数（より正確には、外乱 w に周波数重み $\alpha^{-1} W_s$ を掛けた、 w から z_1 至る伝達関数）の H_∞ ノルム（ゲイン）を小さくすれば、外乱 w が入ってきても、偏差 e を小さくすることができ、外乱抑制性を良好にすることができる。

次に、図4に示す一般化プラントの状態空間表現は次式で与えられるものとす

る。

$$\dot{x}_p = A_p x_p + B_{p1} M w + B_{p2} T u \quad \dots (1)$$

$$y = C_p x_p + D_{p1} M w + D_{p2} T u \quad \dots (2)$$

式(1)、式(2)において、 x_p は状態量、 A_p 、 B_{p1} 、 B_{p2} 、 C_p 、 D_{p1} 、 D_{p2} は制御対象の数値モデル 1 1、1 2 のパラメータである。式(2)より偏差 e は次式のように求めることができる。

$$e = y - r = C_p x_p + D_{p1} M w + D_{p2} T u - r \quad \dots (3)$$

また、図4に示す一般化プラントの構成により、出力 z_1' 、 z_2' は次式のように定義することができる。

$$z_1' = e_2 \quad \dots (4)$$

$$z_2' = u \quad \dots (5)$$

コントローラ K に積分特性を持たせるための周波数重みは、式(3)を用いて次式のように定義することができる。

$$\begin{aligned} \dot{x}_\alpha &= A_\alpha x_\alpha + B_\alpha e \\ &= A_\alpha x_\alpha + B_\alpha C_p x_p + B_\alpha D_{p1} M w + B_\alpha D_{p2} T u - B_\alpha r \end{aligned} \quad \dots (6)$$

$$\begin{aligned} e_2 &= C_\alpha x_\alpha + D_\alpha e \\ &= C_\alpha x_\alpha + D_\alpha C_p x_p + D_\alpha D_{p1} M w + D_\alpha D_{p2} T u - D_\alpha r \end{aligned} \quad \dots (7)$$

式(6)、式(7)において、 x_α は $\alpha^{-1}I$ の状態量、 A_α 、 B_α 、 C_α 、 D_α は $\alpha^{-1}I$ のパラメータである。以上の式を整理して状態空間表現すると、以下の3式が得られる。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_p & 0 \\ B_\alpha C_p & A_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & B_{p1} M & B_{p2} T \\ -B_\alpha & B_\alpha D_{p1} M & B_\alpha D_{p2} T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

$$\begin{bmatrix} z_1' \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1}M & D_\alpha D_{p2}T \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

$$e_2 = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1}M & D_\alpha D_{p2}T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \quad \dots (10)$$

式(8)、式(9)、式(10)をドイルの記法で表すと、次式が得られる。

$$G(s) = \begin{bmatrix} A & B_1 & B_2 \\ C_1 & D_{11} & D_{12} \\ C_2 & D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} \quad \dots (11)$$

ただし、パラメータAは次式のように表すことができる。

$$A = \begin{bmatrix} A_p & 0 \\ B_\alpha C_p & A_\alpha \end{bmatrix} \quad \dots (12)$$

パラメータB₁、B₂は次式のように表すことができる。

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0 & B_{p1}M \\ -B_\alpha & B_\alpha D_{p1}M \end{bmatrix}, \quad B_2 = \begin{bmatrix} B_{p2}T \\ B_\alpha D_{p2}T \end{bmatrix} \quad \dots (13)$$

また、パラメータC₁、C₂は次式のように表すことができる。

$$C_1 = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad C_2 = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \end{bmatrix} \quad \dots (14)$$

そして、パラメータD₁₁、D₁₂、D₂₁、D₂₂は次式のように表すことができる

$$D_{11} = \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1} M \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad D_{12} = \begin{bmatrix} D_\alpha D_{p2} T \\ I \end{bmatrix}$$

$$D_{21} = \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1} M \end{bmatrix}, \quad D_{22} = D_\alpha D_{p2} T \quad \dots (15)$$

感度重み W_s と相補感度重み W_t とを設計し、式(11)の出力部に掛け合わせ、 γ イテレーションを行うと、コントローラ K が状態空間表現で求まる。ここで、式(11)の出力部とは、図4における出力 z_1' 、 z_2' に相当する部分を意味する。よって、式(11)のパラメータ C_1 、 D_{11} 、 D_{12} からなる出力方程式に対し、感度重み W_s と相補感度重み W_t とを対角成分とする次式のような対角行列 Q を左から掛け合わせればよい。こうして、コントローラ K のパラメータを算出することができる。

$$Q = \begin{bmatrix} W_s & 0 \\ 0 & W_t \end{bmatrix} \quad \dots (16)$$

なお、コントローラ K は一般化プラントによる H_∞ 制御問題の解となるコントローラであり、蒸留塔などのプラントに実装する実際のコントローラは、図6に示すように、コントローラ K に重み $\alpha^{-1}I$ とスケーリング行列 T とを掛け合わせたものとなる。

次に、本実施例における相補感度重み W_t の決定方法を説明する。制御対象は運転条件などにより特性が変動する。通常、ある1つのモデルに基づいて制御設計は行われるが、ロバスト制御設計では、制御対象の変動やモデリングの誤差の大きさを予め制御設計の際に加味し、それらの変動や誤差があっても、安定で、かつ制御性能があまり悪化しないように設計を行う。図7に制御対象のモデル11に対する加法的誤差を示す。図7において、19は加法的誤差 Δ を表すブロックである。ロバスト制御設計では、運転条件などによる制御対象の特性変動やモデル11の低次元化によるモデル誤差などを図7に示すような加法的誤差 Δ として表し、この加法的誤差 Δ によって制御対象の特性がモデル11からずれてもコントローラ出力が安定になるように設計する。そのためには、加法的誤差 Δ を覆うように相補感度重み W_t を決めてやればよい。この相補感度重み W_t の一般式

を次式に示す。なお、モデル 1 2 の変化はシステムの安定性には関係しないので、モデル 1 1 のみが増動するものとして設計を行う。

$$W_t = \begin{bmatrix} W_{t1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & W_{t2} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & W_{t3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & W_{tN} \end{bmatrix} \quad \cdots (17)$$

本実施例では、スケーリング行列 T を用いて大きさを整えた加法的誤差 Δ に対して、誤差 Δ のゲインの最大値 G_{max} に安全係数 δ (δ は例えば 1) を掛け合わせたものを相補感度重み W_t の要素とする。すなわち、相補感度重み W_t の要素 (重み) $W_{t1}, W_{t2}, W_{t3}, \cdots, W_{tN}$ は、次式のように定義される。

$$W_{t1} = W_{t2} = W_{t3} = W_{tN} = (1 + \delta) G_{max} \quad \cdots (18)$$

本実施例は、多変数制御系を対象としたものであり、操作量 u の数を N (N は 1 以上の整数) 種類としたとき、相補感度重み W_t は $N \times N$ 行列となる。 W_{tN} は N 番目の操作量 u_N に対する重みである。

次に、本実施例における感度重み W_s の決定方法について説明する。まず、感度重み W_s の一般式を次式に示す。

$$W_s = \begin{bmatrix} W_{s1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & W_{s2} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & W_{s3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & W_{sL} \end{bmatrix} \quad \cdots (19)$$

制御量 y の数を L (L は 1 以上の整数) 種類としたとき、感度重み W_s は $L \times L$ 行列となる。感度重み W_s の要素 W_{sL} は L 番目の制御量 y_L に対する重みである。感度重み W_s を決定するには、図 5 のロバスト制御系を単純化した図 8 のような閉ループ系を用いて考える。図 8 において、1 1 a は制御対象の数値モデル P を表すブロック、1 3 a は周波数重み W_s を表すブロックである。設定値追従や外乱抑制などの主として速応性に関する制御性能を示す感度関数を $S(s)$ としたとき、感度関数 $S(s)$ のゲイン $|S(j\omega)|$ が小さい程、設定値応答

に与えるモデル変動の影響が少なくなり好ましい。各周波数における制御仕様を $S_{spec}(\omega)$ で与えると、次式のような感度関数 $S(s)$ に関する条件が得られる。

$$|S(j\omega)| < S_{spec}(\omega); \forall \omega \quad \dots (20)$$

$\forall \omega$ は全ての周波数 ω について式 (20) が成立することを意味している。この感度関数 $S(s)$ を用いると、設定値追従特性を考慮したコントローラ K の設計指標は次式のようになる。

$$\|W_{sL}'(s)S(s)\|_{\infty} < 1 \quad \dots (21)$$

周波数重み $W_{sL}'(s)$ は、 $\alpha^{-1}(s)$ と $W_{sL}(s)$ とを掛け合わせたものであり、次式のように定義される。

$$W_{sL}'(s) = \alpha^{-1}(s)W_{sL}(s) \quad \dots (22)$$

式 (21) は、図 8 に示す閉ループ系の設定値 r から偏差 e に至る伝達関数（正確には、設定値 r に周波数重み $\alpha^{-1}(s)W_{sL}(s)$ を掛けた、 r から z_1 に至る伝達関数）の H_{∞} ノルムが 1 未満であることを示している。この式 (21) を満たすように、重み $W_{sL}(s)$ を設定することにより、設定値追従特性を考慮したコントローラ K の設計が可能となる。

次に、スケーリング行列 M の決定方法を説明する。スケーリング行列 M の一般式を次式に示す。

$$M = \begin{bmatrix} M_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & M_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & M_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & M_J \end{bmatrix} \quad \dots (23)$$

外乱 w の数を J (J は 1 以上の整数) 種類としたとき、スケーリング行列 M は $J \times J$ 行列となる。スケーリング行列 M の要素 M_j は J 番目の外乱 w_j に対する重みであり、初期値は 1 である。各要素 M_j は、各外乱 w_j による制御量 y への

影響を調整することにより外乱抑制性能を決める調整パラメータである。すなわち、特定の外乱 w の抑圧を強めたいときには、この外乱 w に関する要素 M_j を1より大きくする。

次に、本実施例におけるスケーリング行列 T の決定方法を説明する。スケーリング行列 T の一般式を次式に示す。

$$T = \begin{bmatrix} T_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & T_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & T_3 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & T_N \end{bmatrix} \quad \dots (24)$$

操作量 u の数を N (N は1以上の整数)種類としたとき、スケーリング行列 T は $N \times N$ 行列となる。スケーリング行列 T の要素 T_N は N 番目の操作量 u_N に対する重みである。各要素 T_N は、制御対象モデル1-1の各ゲインの大きさがなるべく等しくなるように決定される。より具体的には、各要素 T_N は、次式のように決定される。

$$\begin{aligned} T_N = & \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y1u1}\|_\infty, \|G_{y1u2}\|_\infty, \dots, \|G_{y1uN}\|_\infty)}{\|G_{y1uN}\|_\infty} \\ & + \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y2u1}\|_\infty, \|G_{y2u2}\|_\infty, \dots, \|G_{y2uN}\|_\infty)}{\|G_{y2uN}\|_\infty} \\ & + \dots + \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{yLu1}\|_\infty, \|G_{yLu2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLuN}\|_\infty)}{\|G_{yLuN}\|_\infty} \quad \dots (25) \end{aligned}$$

式(25)において、 G_{yLuN} は図4に示す制御対象モデル1-1の N 番目の操作量 u_N から L 番目の制御量 y_L に至る伝達関数、 $\|G_{yLuN}\|_\infty$ は同伝達関数の H_∞ ノルム(ゲイン)である。 $\max(\|G_{yLu1}\|_\infty, \|G_{yLu2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLuN}\|_\infty)$ は、 H_∞ ノルム $\|G_{yLu1}\|_\infty, \|G_{yLu2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLuN}\|_\infty$ の中で最大値を選択することを意味する。 H_∞ ノルム $\|G_{yLuN}\|_\infty$ を求めるには、状態方程式表現で表されるモデル1-1を次式のように伝達関数表現に直し、この伝達関数より周波数毎のゲインを算出すればよい。

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{y1u1} & G_{y1u2} & G_{y1u3} & \cdots & G_{y1uN} \\ G_{y2u1} & G_{y2u2} & G_{y2u3} & \cdots & G_{y2uN} \\ G_{y3u1} & G_{y3u2} & G_{y3u3} & \cdots & G_{y3uN} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{yLu1} & G_{yLu2} & G_{yLu3} & \cdots & G_{yLuN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_N \end{bmatrix} \quad \dots (26)$$

これにより、 H^∞ ノルム $\|G_{yLuN}\|_\infty$ を操作量 u 、制御量 y 毎に求めることができ、式 (25) よりスケーリング行列 T の要素 T_N を求めることができる。

次に、スケーリング行列 T の働きについて図 9 を用いて説明する。図 9 A は、制御対象モデル 11 のゲイン特性（モデル 11 の周波数応答特性）を示している。なお、図 9 では、記載を簡単にするために 3 種類のゲイン特性のみを示しているが、操作量 u の数が N 種類、制御量 y の数が L 種類であれば、 $N \times L$ 種類のゲインが存在する。図 9 A に示すように、スケーリング行列 T がいない場合、制御対象モデル 11 の各ゲインが不揃いであることが分かる。一般に、制御対象モデルのゲインが不揃いな場合、それに応じて制御対象モデルの誤差の大きさも不揃いになる。前述のように加法的誤差 Δ を覆うように相補感度重み W_i を決めるため、誤差が大きいものを基準にコントローラを設計することになり、得られるコントローラは非常に保守的、すなわち過剰に安定的なものになりがちである。

そこで、スケーリング行列 T を用いてゲインの大きさを揃えるようにする。図 9 B は、本実施例のスケーリング行列 T を設けた場合の制御対象モデル 11 のゲイン特性を示している。 $\|G_{y,umax}\|_\infty$ はモデル 11 の各ゲイン中の最大値である。図 9 B から分かるように、式 (24)、式 (25) で示す本実施例のスケーリング行列 T の決定方法は、モデル 11 のゲイン最大値 $\|G_{y,umax}\|_\infty$ （より正確にはゲイン最大値の近傍）に各ゲインが揃うようにスケーリング行列 T を決めるものである。

次に、以上のような動作を図 1 を用いて説明する。制御対象モデル 11 のパラメータは、設計装置の利用者によって制御対象モデル入力部 1 に設定される。制御対象モデル登録部 2 は、記憶部 3 に予め記憶された制御対象モデルの数式に制御対象モデル入力部 1 から入力されたパラメータを登録する。制御対象モデル入力部 1 と制御対象モデル登録部 2 とは、制御対象モデルを設定するモデル設定手

段を構成している。記憶部 3 は、式 (1) ~ 式 (15) で説明した図 4 の一般化プラントの数式とこの一般化プラントの一部である制御対象モデルの数式とを記憶している。周波数応答算出部 4 は、記憶部 3 に登録された、状態方程式表現で表されるモデル 11 を伝達関数表現に直して、この伝達関数より周波数毎のゲインを算出する。続いて、スケーリング行列算出部 5 は、周波数応答算出部 4 で算出されたゲインに基づき、式 (24)、式 (25) を用いてスケーリング行列 T を算出し、これをコントローラ算出部 6 へ出力する。コントローラ算出部 6 は、記憶部 3 に記憶された一般化プラントの数式にスケーリング行列 T を登録して、フィードバックを行うことにより、コントローラ K のパラメータを算出する。このとき、相補感度重み W_1 と感度重み W_2 とスケーリング行列 M とは、記憶部 3 の一般化プラントに予め設定されている。こうして、コントローラ K の設計を行うことができる。

前述のように従来の手法では、スケーリング行列 T を決定する一般的な手法が確立されておらず、スケーリング行列 T を経験的に決定していた。これに対して、本実施例では、制御対象モデル 11 の周波数応答に基づき制御対象モデル 11 のゲイン最大値（より正確にはゲイン最大値の近傍）に各ゲインが揃うようにスケーリング行列 T を算出することにより、スケーリング行列 T を容易に決定することができる。これにより、設定値追従特性に優れ、かつ制御対象が変動したり制御対象モデル 11 に誤差があったりしても安定化できるという、 H_∞ 制御理論に基づく多変数コントローラの設計が容易となる。その結果、制御対象の変動や数値モデルの不確かさを考慮した多変数制御系の設計が容易となる。また、制御実行時の計算負荷が軽く、小規模な制御システムでも実装できるという H_∞ 制御の特徴を生かした多変数コントローラを実現することができる。

なお、本実施例では、制御対象モデル 11 のゲイン最大値（より正確には最大値の近傍）に各ゲインが揃うようにスケーリング行列 T を決定しているが、モデル 11 のゲイン最小値あるいはゲイン平均値に各ゲインが揃うようにスケーリング行列 T を決定してもよい。ゲイン最小値（より正確には最小値の近傍）に各ゲインを揃えるには、式 (25) における \max を $\|G_{y1u1}\|_\infty$, $\|G_{y1u2}\|_\infty$, \dots , $\|G_{y1ux}\|_\infty$ の中で最小値を選択する \min に置き換えればよく、ゲイ

ン平均値（より正確には平均値の近傍）に各ゲインを揃えるには、前記 \max を $\|G_{yLu1}\|_\infty, \|G_{yLu2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLuN}\|_\infty$ の中で平均値を求める E に置き換えればよい。

〔第2実施例〕

第1実施例では、外乱 w について考慮していないが、外乱 w に対する制御対象モデルが得られる場合がある。そこで、本実施例では、このような場合に外乱 w の影響を考慮しつつスケーリング行列 T を決定する方法について説明する。本実施例においても、スケーリング行列 T の一般式は第1実施例と同様に式（24）で表すことができる。

そして、本実施例では、スケーリング行列 T の要素 T_N を次式のように決定する。

$$\begin{aligned}
 T_N = & \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y1w1}\|_\infty, \|G_{y1w2}\|_\infty, \dots, \|G_{y1wJ}\|_\infty)}{\|G_{y1uN}\|_\infty} \\
 & + \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y2w1}\|_\infty, \|G_{y2w2}\|_\infty, \dots, \|G_{y2wJ}\|_\infty)}{\|G_{y2uN}\|_\infty} \\
 & + \dots + \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{yLw1}\|_\infty, \|G_{yLw2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLwJ}\|_\infty)}{\|G_{yLuN}\|_\infty} \dots \quad (27)
 \end{aligned}$$

式（27）において、 G_{yLwJ} は図4に示す制御対象モデル12のJ番目の外乱 w_J からL番目の制御量 y_L に至る伝達関数、 $\|G_{yLwJ}\|_\infty$ は同伝達関数の H_∞ ノルム（ゲイン）である。 $\max(\|G_{yLw1}\|_\infty, \|G_{yLw2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLwJ}\|_\infty)$ は、 H_∞ ノルム $\|G_{yLw1}\|_\infty, \|G_{yLw2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLwJ}\|_\infty$ の中で最大値を選択することを意味する。 H_∞ ノルム $\|G_{yLwJ}\|_\infty$ を求めるには、状態方程式表現で表されるモデル12を次式のように伝達関数表現に直し、この伝達関数より周波数毎のゲインを算出すればよい。

$$\begin{bmatrix} y_{w1} \\ y_{w2} \\ y_{w3} \\ \vdots \\ y_{wL} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{y1w1} & G_{y1w2} & G_{y1w3} & \cdots & G_{y1wJ} \\ G_{y2w1} & G_{y2w2} & G_{y2w3} & \cdots & G_{y2wJ} \\ G_{y3w1} & G_{y3w2} & G_{y3w3} & \cdots & G_{y3wJ} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{yLw1} & G_{yLw2} & G_{yLw3} & \cdots & G_{yLwJ} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_J \end{bmatrix} \quad \dots (28)$$

式(28)において、 y_{wL} は外乱 w に対する制御対象モデル12の出力である。これにより、 H^∞ ノルム $\|G_{yLwJ}\|_\infty$ を外乱 w 、制御量 y 毎に求めることができ、式(27)よりスケーリング行列 T の要素 T_x を求めることができる。

次に、スケーリング行列 T の働きについて図10を用いて説明する。図10Aは、制御対象モデル12のゲイン特性(モデル12の周波数応答特性)を示している。なお、図10Aでは、記載を簡単にするために3種類のゲイン特性のみを示しているが、外乱 w の数が J 種類、制御量 y の数が L 種類であれば、 $J \times L$ 種類のゲインが存在する。 $\|G_{ywmax}\|_\infty$ は、モデル12の各ゲイン中の最大値である。

一方、図10Bは、制御対象モデル11のゲイン特性を示している。図10Bに示すように、制御対象モデル12のゲイン最大値と制御対象モデル11の各ゲインとが揃いであることが分かる。

図10Cは、本実施例のスケーリング行列 T を設けた場合の制御対象モデル11のゲイン特性を示している。図10Cから分かるように、式(24)、式(27)で示す本実施例のスケーリング行列 T の決定方法は、モデル12のゲイン最大値 $\|G_{ywmax}\|_\infty$ (より正確にはゲイン最大値の近傍) にモデル11の各ゲインが揃うようにスケーリング行列 T を決めるものである。

操作量 u に対するスケーリング行列 T は、コントローラを実装する際に閉ループ系の中に含まれる。したがって、モデル11のゲインの大きさを揃えることに意味があり、操作量 u から制御量 y に至るゲインをどこに揃えるかは必ずしも重要ではない。前述の第1実施例は、ゲインをどこに揃えるかの1例を示したものである。これに対して、本実施例では、外乱入力を考慮しているので、外乱 w の抑制という観点で見た場合、入力される外乱 w の影響が操作量 u によって抑え込まれるようにする必要がある。そこで、本実施例では、最悪の状態に対応できる

ように、モデル 1 2 のゲイン最大値 $\|G_{y, \text{wmax}}\|_{\infty}$ （より正確にはゲイン最大値の近傍）にモデル 1 1 の各ゲインが揃うようにスケーリング行列 T を決めている。

本実施例においても、設計装置としての構成は第 1 実施例とほぼ同様である。そこで、図 1 を用いて本実施例の設計装置の動作を説明する。

制御対象モデル（本実施例ではモデル 1 1, 1 2）のパラメータは、設計装置の利用者によって制御対象モデル入力部 1 に設定される。制御対象モデル登録部 2 は、記憶部 3 に予め記憶された制御対象モデルの数式に制御対象モデル入力部 1 から入力されたパラメータを登録する。周波数応答算出部 4 は、記憶部 3 に登録された、状態方程式表現で表されるモデル 1 1, 1 2 を伝達関数表現に直して、この伝達関数より周波数毎のゲインを算出する。続いて、スケーリング行列算出部 5 は、周波数応答算出部 3 で算出されたゲインに基づき、式（2 4）、式（2 7）を用いてスケーリング行列 T を算出し、これをコントローラ算出部 6 へ出力する。コントローラ算出部 6 の動作は第 1 実施例と全く同じである。こうして、コントローラ K の設計を行うことができる。

以上のように、本実施例では、第 1、第 2 の制御対象モデル 1 1, 1 2 の周波数応答に基づき第 2 の制御対象モデル 1 2 の各ゲイン中の最大値に第 1 の制御対象モデル 1 1 の各ゲインが揃うようにスケーリング行列 T を算出することにより、スケーリング行列 T を容易に決定することができる。これにより、設定値追従特性と外乱抑制性に優れ、かつ制御対象が変動したり制御対象モデルに誤差があったりしても安定化できるという、 H_{∞} 制御理論に基づく多変数コントローラの設計が可能となる。

〔第 3 実施例〕

第 1 実施例、第 2 実施例では、スケーリング行列 T によって、モデルのゲインの大きさを揃え、各制御量に対する制御の重み付けを等しくしようとしてきた。しかしながら、実際には、制御量 y 毎の制御が干渉し合い、制御が不安定になる等の問題が発生することがあり、各制御量に対する制御の重み付けを調整する必要がある場合がある。そこで、本実施例では、直接的に制御量 y 毎に重み付けを行うための重み行列 S を導入する。

図 1 1 は、本発明の第 3 の実施例となるコントローラの設計装置の構成を示す

ブロック図、図 1 2 は、本実施例における一般化プラントの構成を示すブロック図である。図 1 1 の設計装置は、図 1 に示す第 1 実施例あるいは第 2 実施例の設計装置に、制御量 y に対する重みを入力するための制御量重み入力部 7 と、制御量重みを装置内に登録する制御量重み登録部 8 と、制御量重みに基づいて重み行列 S を算出する重み行列算出部 9 とを加えたものである。また、図 1 2 の一般化プラントは、図 4 に示す第 1 実施例あるいは第 2 実施例の一般化プラントに重み行列 S を表すブロック（制御量重み調整手段）20 を加えたものである。本実施例では、制御量重み調整手段 20（重み行列 S ）を操作量重み調整手段 16（スケーリング行列 T ）と制御対象モデル 11 とコントローラ K とからなる閉ループ系の内部に設けている。重み行列 S の一般式を次式に示す。

$$S = \begin{bmatrix} S_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & S_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & S_L \end{bmatrix} \quad \cdots (29)$$

制御量 y の数を L （ L は 1 以上の整数）種類としたとき、重み行列 S は $L \times L$ 行列となる。重み行列 S の要素 S_L は L 番目の制御量 y_L に対する重みである。各要素 S_L は、次式のように決定される。

$$S_L = \frac{W_{yL}}{\max(W_{y1}, W_{y2}, \cdots, W_{yL})} \quad \cdots (30)$$

式（30）において、 W_{yL} は L 番目の制御量 y_L に対する制御量重みである。こうして、重み行列 S により制御量毎に直接的に重み付けを行うことができる。

次に、本実施例では、一般化プラントの構成を図 1 2 のように変更したことにより、次式が成立する。

$$e_1 = S e \quad \cdots (31)$$

この式（31）と式（3）により、式（6）、式（7）は次式のように書き直される。

$$\begin{aligned}
x_\alpha &= A_\alpha x_\alpha + B_\alpha e_1 \\
&= A_\alpha x_\alpha + B_\alpha S C_p x_p + B_\alpha S D_{p1} M w + B_\alpha S D_{p2} T u - B_\alpha S r \\
&\quad \dots (32)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e_2 &= C_\alpha x_\alpha + D_\alpha e \\
&= C_\alpha x_\alpha + D_\alpha S C_p x_p + D_\alpha S D_{p1} M w + D_\alpha S D_{p2} T u - D_\alpha S r \\
&\quad \dots (33)
\end{aligned}$$

これにより、式(8)、式(9)、式(10)は次式のように書き直される。

$$\begin{aligned}
\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A_p & 0 \\ B_\alpha S C_p & A_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & B_{p1} M & B_{p2} T \\ -B_\alpha S & B_\alpha S D_{p1} M & B_\alpha S D_{p2} T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \\
&\quad \dots (34)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} z_1' \\ z_2' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} D_\alpha S C_p & C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -D_\alpha S & D_\alpha S D_{p1} M & D_\alpha S D_{p2} T \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \\
&\quad \dots (35)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e_2 &= \begin{bmatrix} D_\alpha S C_p & C_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -D_\alpha S & D_\alpha S D_{p1} M & D_\alpha S D_{p2} T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \\
&\quad \dots (36)
\end{aligned}$$

式(34)、式(35)、式(36)をドイルの記法で式(11)のように表したとき、式(11)におけるパラメータAは次式のように表すことができる。

$$A = \begin{bmatrix} A_p & 0 \\ B_\alpha S C_p & A_\alpha \end{bmatrix} \quad \dots (37)$$

パラメータ B_1 , B_2 は次式のように表すことができる。

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0 & B_{p1}M \\ -B_\alpha S & B_\alpha S D_{p1}M \end{bmatrix}, \quad B_2 = \begin{bmatrix} B_{p2}T \\ B_\alpha S D_{p2}T \end{bmatrix} \quad \dots (38)$$

また、パラメータ C_1 , C_2 は次式のように表すことができる。

$$C_1 = \begin{bmatrix} D_\alpha S C_p & C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad C_2 = [D_\alpha S C_p \quad C_\alpha] \quad \dots (39)$$

そして、パラメータ D_{11} , D_{12} , D_{21} , D_{22} は次式のように表すことができる。

$$D_{11} = \begin{bmatrix} -D_\alpha S & D_\alpha S D_{p1}M \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad D_{12} = \begin{bmatrix} D_\alpha S D_{p2}T \\ I \end{bmatrix}$$

$$D_{21} = [-D_\alpha S \quad D_\alpha S D_{p1}M], \quad D_{22} = D_\alpha S D_{p2}T \quad \dots (40)$$

第1実施例と同様に感度重み W_s と相補感度重み W_i とを設計して、式(11)の出力部に掛け合わせ、 γ イテレーションを行うと、コントローラ K が状態空間表現で求まる。なお、蒸留塔などのプラントに実装する実際のコントローラは、図13に示すように、コントローラ K に重み行列 S と重み $\alpha^{-1}I$ とスケーリング行列 T とを掛け合わせたものとなる。

次に、以上のような動作を図11を用いて説明する。制御対象モデル入力部1、制御対象モデル登録部2、周波数応答算出部4およびスケーリング行列算出部5の動作は、第1実施例あるいは第2実施例と全く同じである。なお、記憶部3aには、式(1)～式(5)、式(11)、式(32)～式(40)で説明した図12の一般化プラントの数式とこの一般化プラントの一部である制御対象モデルの数式とが記憶されている。L番目の制御量 y_L に対する制御量重み $W_{y,L}$ は、設計装置の利用者によって制御量重み入力部7に設定される。この制御量重み $W_{y,L}$ の設定は、各制御量 y 毎に行われる。制御量重み登録部8は、制御量重み入力部7から入力された制御量重み $W_{y,L}$ を重み行列算出部9へ出力する。重み行列算出部9は、制御量重み $W_{y,L}$ を基に式(29)、式(30)を用いて重み行列 S を

算出し、これをコントローラ算出部 6 a へ出力する。コントローラ算出部 6 a は、記憶部 3 a に記憶された一般化プラントの数式にスケーリング行列 T と重み行列 S とを登録して、 γ イテレーションを行うことにより、コントローラ K のパラメータを算出する。このとき、相補感度重み W_1 と感度重み W_2 とスケーリング行列 M とは、記憶部 3 a の一般化プラントに予め設定されている。こうして、コントローラ K の設計を行うことができる。

以上のように、本実施例では、重み行列 S を導入することにより、各制御量 y 毎に直接的に重み付けを行うことができる。これにより、より制御性能が高く、安定性の高いコントローラを設計することができる。また、重み行列 S を導入することにより、スケーリング行列 T に制御量 y に対する重み付けの役割を持たせる必要がなくなる。

[第 4 実施例]

第 3 実施例では、制御量重み調整手段 20（重み行列 S）を閉ループ系の内部に設けているが、閉ループ系の外部に設けてもよい。図 14 は、本発明の第 4 の実施例における一般化プラントの構成を示すブロック図である。本実施例では、制御量重み調整手段 20（重み行列 S）を周波数感度重み調整手段 13 の前段に設けている。重み行列 S の決定方法は、式（29）、式（30）で説明した第 3 実施例の決定方法と全く同じである。

次に、本実施例では、一般化プラントの構成を図 14 のように変更したことにより、式（4）は次式のように書き直される。

$$z_1' = S e_2 \quad \dots (41)$$

これにより、式（9）は次式のように書き直される。

$$\begin{bmatrix} z_1' \\ z_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S D_\alpha C_p & S C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -S D_\alpha & S D_\alpha D_{p1} M & S D_\alpha D_{p2} T \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \quad \dots (42)$$

式（8）、式（10）、式（42）をドイルの記法で式（11）のように表したとき、式（11）におけるパラメータ C_1 、 C_2 は次式のように表すことができる。

$$C_1 = \begin{bmatrix} S D_\alpha C_p & S C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad C_2 = [D_\alpha C_p \quad C_\alpha] \quad \dots (43)$$

また、パラメータ D_{11} , D_{12} , D_{21} , D_{22} は次式のように表すことができる。

$$D_{11} = \begin{bmatrix} -S D_\alpha & S D_\alpha D_{p1} M \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad D_{12} = \begin{bmatrix} S D_\alpha D_{p2} T \\ I \end{bmatrix}$$

$$D_{21} = [-D_\alpha \quad D_\alpha D_{p1} M], \quad D_{22} = D_\alpha D_{p2} T \quad \dots (44)$$

パラメータ A , B_1 , B_2 は、式 (12)、式 (13) に示すとおりである。なお、本実施例において、蒸留塔などのプラントに実装する実際のコントローラは、図 6 に示すように、コントローラ K に重み $\alpha^{-1} I$ とスケーリング行列 T とを掛け合わせたものとなる。

本実施例においても、設計装置としての構成は第 3 実施例とほぼ同様である。そこで、図 11 を用いて本実施例の設計装置の動作を説明する。

制御対象モデル入力部 1、制御対象モデル登録部 2、周波数応答算出部 4 及びスケーリング行列算出部 5 の動作は、第 1 実施例あるいは第 2 実施例と全く同じである。記憶部 3a には、式 (1) ~ 式 (3)、式 (5) ~ 式 (8)、式 (10) ~ 式 (13)、式 (41) ~ 式 (44) で説明した図 14 の一般化プラントの数式とこの一般化プラントの一部である制御対象モデルの数式とが記憶されている。制御量重み入力部 7、制御量重み登録部 8 及び重み行列算出部 9 の動作は、第 3 実施例と全く同じである。コントローラ算出部 6a は、記憶部 3a に記憶された一般化プラントの数式にスケーリング行列 T と重み行列 S とを登録して、 γ イテレーションを行うことにより、コントローラ K のパラメータを算出する。こうして、コントローラ K の設計を行うことができる。

なお、本実施例では、制御量重み調整手段 20 (重み行列 S) を周波数感度重み調整手段 13 の前段に設けているが、周波数感度重み調整手段 13 の後段に設けるようにしてもよい。また、スケーリング行列 T によって制御対象モデル 11 のゲインの大きさが揃うことにより、重み行列 S を容易に調整することができるので、第 3 実施例、第 4 実施例において第 1 実施例あるいは第 2 実施例で説明し

たスケーリング行列 T の決定方法を用いることは前提条件である。

〔第 5 実施例〕

図 15 は、本発明の第 5 実施例となるコントローラの設計装置の構成を示すブロック図である。図 15 の設計装置は、制御対象とコントローラとからなる閉ループ系の過渡応答特性を表す過渡応答パラメータを入力するための過渡応答パラメータ入力部 101 と、過渡応答パラメータを装置内に登録する過渡応答パラメータ登録部 102 と、過渡応答パラメータ登録部 102 から入力された過渡応答パラメータを基に閉ループ系の過渡応答特性を算出する閉ループ伝達関数算出部 103 と、閉ループ系の過渡応答特性に基づいて、閉ループ系の設定値追従特性を決定するための周波数感度重みを算出する周波数感度重み算出部 104 と、予め設定された一般化プラントに周波数感度重みを適用して、コントローラのパラメータを導出するコントローラ算出部 105 とを有している。過渡応答パラメータ入力部 101、過渡応答パラメータ登録部 102 および閉ループ伝達関数算出部 103 は、閉ループ系の過渡応答特性を設定する設定手段を構成している。

$H\infty$ 制御理論に基づくコントローラ設計用アルゴリズムは、制御対象を用いて表現された一般化プラントに基づいて設計される。したがって、最初に一般化プラントについて説明する。図 16 は実際の制御対象を数式化したモデルの構成を示すブロック図である。図 16 に示す制御対象の数値モデルは、操作量 u に対するモデル 111 と、外乱 w に対するモデル 112 とからなる。 P_u はモデル 111 の伝達関数、 P_w はモデル 112 の伝達関数である。モデル 111、112 は、実際の制御対象に対するステップ応答テストより得られたデータを用いてモデル同定を行った結果得られたものである。制御対象の出力である制御量 y は、モデル 111、112 の出力を足し合わせたものとなる。

このような制御対象の数値モデルを含む従来的一般化プラントの構成を図 17 に示す。一般化プラントとは、図 17 に示すように、設定値追従特性を決定するために用いられる感度重み W_s と呼ばれる周波数重みと、ロバスト安定性を決定するために用いられる相補感度重み W_t と呼ばれる周波数重みとを設けて、制御対象の入力（操作量） u 、入力（外乱） w 、出力（制御量） y 以外に設定値 r 、出力 z_1 、 z_2 を導入して、設定値追従特性とロバスト安定性の両者を実現する

ためのものである。偏差 $e (= y - r)$ は、観測量、すなわちコントローラ（不図示）に対する入力となる。113は感度重み W_s を表すブロックであり、 Z_1 は設定値追従特性の評価を行うための出力である。また、114は相補感度重み W_t を表すブロックであり、 Z_2 はロバスト安定性の評価を行うための出力である。

従来は、図17に示した一般化プラントにおいて、制御対象の数値モデルを基にモデルの不確かさを見積もって相補感度重み W_t を決め、設定値 r への追従性を考慮して周波数特性を直接指定して感度重み W_s を決めて、 γ イテレーションによりコントローラのパラメータを決定していた。しかしながら、図17の一般化プラントを用いると、各操作量のプラント出力に対するゲインの差により、ゲインが大きいものを基準にコントローラを設計することになるため、得られるコントローラは非常に保守的、すなわち過剰に安定的なものになりがちである。また、設定値追従特性と外乱応答特性は、通常、相反するものであるため、設計時にそれらを同じ重みを持って設計するよりは、目的に応じて重み付けできる方が好ましい。さらに、図17の一般化プラントでは、積分要素を含んでいない場合、定常偏差が生じる。感度重み W_s に積分特性を持たせることによってコントローラに積分特性を持たせることができるが、一般化プラントが可安定でなくなるため、標準の H_∞ 問題に帰着することができなくなる。

このため、本実施例では、図18に示すような一般化プラントを考える。図18において、 M は外乱 w による制御量 y への影響を調整するためのスケーリング行列、 T は制御対象の誤差の大きさを揃えるためのスケーリング行列、 $\alpha^{-1}I$ は定常偏差をなくすための積分特性をコントローラに持たせるための重みである。ここで、 $\alpha(s) = s / (s + a)$ と定義される。なお、 s はラプラス演算子であり、 $a (> 0)$ は任意の実数である。115はスケーリング行列 M を表すブロック、116はスケーリング行列 T を表すブロック、117は重み $\alpha^{-1}I$ を表すブロックである。偏差 e_2 は、偏差 e に重み $\alpha^{-1}I$ を掛けたもので、コントローラに対する入力となる。以上のような一般化プラントにコントローラ K を加えたロバスト制御系の構成を図19に示す。図19において、118はコントローラ K を表すブロックである。

本実施例のコントローラの設計装置は、設定値 r に対して制御対象の出力である制御量 y が追従し、外乱 w の影響が除去され、かつ制御対象が変動したり制御対象のモデルに誤差があつたりしても安定化できるようにコントローラ K のパラメータを決定することを目的としている。 H_∞ 制御問題は、 (r, w) から (z_1, z_2) までの伝達関数の H_∞ ノルム（ゲイン）を小さくする問題として考えることができる。すなわち、設定値追従特性、ロバスト安定性、外乱抑制性のそれぞれについて以下のように考えればよい。

(D) 設定値追従特性：設定値 r から偏差 e に至る伝達関数（より正確には、設定値 r に周波数重み $\alpha^{-1}W_r$ を掛けた、 r から z_1 に至る伝達関数）の H_∞ ノルム（ゲイン）を小さくすれば、偏差 e を小さくすることができ、設定値追従特性を良好にすることができる。なお、 $\alpha^{-1}W_r$ は、追従する帯域を制限する（例えば低域のみ追従するようにする）ための周波数重みとなる。

(E) ロバスト安定性：制御対象の特性変動やモデル化時の誤差により実際の制御対象とそのモデルとの間には誤差が存在する。同定したモデルからの誤差の最大値を $\Delta(s)$ として見積もり、この誤差に対して $|\Delta(j\omega)| < |W_r(j\omega)|$ となる相補感度重み $W_r(s)$ を用いて、設定値 r から z_2 までの H_∞ ノルムが 1 以下となるようにコントローラ K を設計すれば、ロバスト安定化を達成することができる。

(F) 外乱抑制性：外乱 w から偏差 e に至る伝達関数（より正確には、外乱 w に周波数重み $\alpha^{-1}W_w$ を掛けた、 w から z_1 に至る伝達関数）の H_∞ ノルム（ゲイン）を小さくすれば、外乱 w が入ってきても、偏差 e を小さくすることができ、外乱抑制性を良好にすることができる。

次に、図 18 に示す一般化プラントの状態空間表現は次式で与えられるものとする。

$$\dot{x}_p = A_p x_p + B_{p1} M w + B_{p2} T u \quad \cdots (101)$$

$$y = C_p x_p + D_{p1} M w + D_{p2} T u \quad \cdots (102)$$

式 (101)、式 (102) において、 x_p は状態量、 A_p 、 B_{p1} 、 B_{p2} 、 C

D_{p1} , D_{p2} は制御対象の数値モデル 1 1 1, 1 1 2 のパラメータである。式 (1 0 2) より偏差 e は次式のように求めることができる。

$$e = y - r = C_p x_p + D_{p1} M w + D_{p2} T u - r \quad \dots (1 0 3)$$

また、図 1 8 に示す一般化プラントの構成により、出力 z_1' , z_2' は次式のように定義することができる。

$$z_1' = e \quad \dots (1 0 4)$$

$$z_2' = u \quad \dots (1 0 5)$$

コントローラ K に積分特性を持たせるための周波数重みは、式 (1 0 3) を用いて次式のように定義することができる。

$$\begin{aligned} \dot{x}_\alpha &= A_\alpha x_\alpha + B_\alpha e \\ &= A_\alpha x_\alpha + B_\alpha C_p x_p + B_\alpha D_{p1} M w + B_\alpha D_{p2} T u - B_\alpha r \quad \dots (1 0 6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_2 &= C_\alpha x_\alpha + D_\alpha e \\ &= C_\alpha x_\alpha + D_\alpha C_p x_p + D_\alpha D_{p1} M w + D_\alpha D_{p2} T u - D_\alpha r \quad \dots (1 0 7) \end{aligned}$$

式 (1 0 6)、式 (1 0 7) において、 x_α は $\alpha^{-1}I$ の状態量、 A_α , B_α , C_α , D_α は $\alpha^{-1}I$ のパラメータである。以上の式を整理して状態空間表現すると、以下の 3 式が得られる。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_p & 0 \\ B_\alpha C_p & A_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & B_{p1} M & B_{p2} T \\ -B_\alpha & B_\alpha D_{p1} M & B_\alpha D_{p2} T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \quad \dots (1 0 8)$$

$$\begin{bmatrix} z_1' \\ z_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1} M & D_\alpha D_{p2} T \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \quad \dots (1 0 9)$$

$$e_2 = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ x_\alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1}M & D_\alpha D_{p2}T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ w \\ u \end{bmatrix} \quad \dots (110)$$

式(108)、式(109)、式(110)をドイルの記法で表すと、次式が得られる。

$$G(s) = \begin{bmatrix} A & B_1 & B_2 \\ C_1 & D_{11} & D_{12} \\ C_2 & D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} \quad \dots (111)$$

ただし、パラメータAは次式のように表すことができる。

$$A = \begin{bmatrix} A_p & 0 \\ B_\alpha C_p & A_\alpha \end{bmatrix} \quad \dots (112)$$

パラメータB₁、B₂は次式のように表すことができる。

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0 & B_{p1}M \\ -B_\alpha & B_\alpha D_{p1}M \end{bmatrix}, \quad B_2 = \begin{bmatrix} B_{p2}T \\ B_\alpha D_{p2}T \end{bmatrix} \quad \dots (113)$$

また、パラメータC₁、C₂は次式のように表すことができる。

$$C_1 = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad C_2 = \begin{bmatrix} D_\alpha C_p & C_\alpha \end{bmatrix} \quad \dots (114)$$

そして、パラメータD₁₁、D₁₂、D₂₁、D₂₂は次式のように表すことができる。

$$D_{11} = \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1}M \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad D_{12} = \begin{bmatrix} D_\alpha D_{p2}T \\ I \end{bmatrix}$$

$$D_{21} = \begin{bmatrix} -D_\alpha & D_\alpha D_{p1}M \end{bmatrix}, \quad D_{22} = D_\alpha D_{p2}T \quad \dots (115)$$

感度重みW_sと相補感度重みW_cとを設計し、式(111)の出力部に掛け合

わせ、 γ イテレーションを行うと、コントローラ K が状態空間表現で求まる。ここで、式(111)の出力部とは、図18における出力 z_1' 、 z_2' に相当する部分を意味する。よって、式(111)のパラメータ C_1 、 D_{11} 、 D_{12} からなる出力方程式に対し、感度重み W_s と相補感度重み W_t とを対角成分とする次式のような対角行列 Q を左から掛け合わせればよい。こうして、コントローラ K のパラメータを算出することができる。

$$Q = \begin{bmatrix} W_s & 0 \\ 0 & W_t \end{bmatrix} \quad \dots (116)$$

なお、コントローラ K は一般化プラントによる H_∞ 制御問題の解となるコントローラであり、蒸留塔などのプラントに実装する実際のコントローラは、図20に示すように、コントローラ K に重み $\alpha^{-1}I$ とスケーリング行列 T とを掛け合わせたものとなる。

前述のように、 H_∞ 制御理論は、周波数領域での設計法である。したがって、機械系の制御では設計がやり易いが、プロセス制御などのように周波数領域では考えにくい制御系の設計には利用しにくく、相補感度重み W_t や感度重み W_s を適切に選ぶことが難しい。以下、本実施例における相補感度重み W_t の決定方法を説明する。制御対象は運転条件などにより特性が変動する。通常、ある1つのモデルに基づいて制御設計は行われるが、ロバスト制御設計では、制御対象の変動やモデリングの誤差の大きさを予め制御設計の際に加味し、それらの変動や誤差があっても、安定で、かつ制御性能があまり悪化しないように設計を行う。図21に制御対象のモデル111に対する加法的誤差を示す。図21において、119は加法的誤差 Δ を表すブロックである。ロバスト制御設計では、運転条件などによる制御対象の特性変動やモデル111の低次元化によるモデル誤差などを図21に示すような加法的誤差 Δ として表し、この加法的誤差 Δ によって制御対象の特性がモデル111からずれてもコントローラ出力が安定になるように設計する。そのためには、加法的誤差 Δ を覆うように相補感度重み W_t を決めてやればよい。この相補感度重み W_t の一般式を次式に示す。なお、モデル112の変化はシステムの安定性には関係しないので、モデル111のみが変動するものと

して設計を行う。

$$W_i = \begin{bmatrix} W_{i1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & W_{i2} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & W_{i3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & W_{iN} \end{bmatrix} \quad \cdots (117)$$

本実施例では、スケーリング行列Tを用いて大きさを整えた加法的誤差 Δ に対して、誤差 Δ のゲインの最大値Gmaxに安全係数 δ （ δ は例えば1）を掛け合わせたものを相補感度重み W_i の要素とする。すなわち、相補感度重み W_i の要素（重み） W_{i1} , W_{i2} , W_{i3} , \cdots , W_{iN} は、次式のように定義される。

$$W_{i1} = W_{i2} = W_{i3} = W_{iN} = (1 + \delta) G_{\max} \quad \cdots (118)$$

本実施例は、多変数制御系を対象としたものであり、操作量 u の数をN（Nは1以上の整数）種類としたとき、相補感度重み W_i は $N \times N$ 行列となる。 W_{iN} はN番目の操作量 u_N に対する重みである。

次に、スケーリング行列T, Mの決定方法を説明する。スケーリング行列Tの一般式を次式に示す。

$$T = \begin{bmatrix} T_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & T_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & T_3 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & T_N \end{bmatrix} \quad \cdots (119)$$

操作量 u の数をN種類としたとき、スケーリング行列Tは $N \times N$ 行列となる。スケーリング行列Tの要素 T_N はN番目の操作量 u_N に対する重みである。各要素 T_N は、前記加法的誤差 Δ の各成分の大きさがなるべく等しくなるように決定される。

次に、スケーリング行列Mの一般式を次式に示す。

$$M = \begin{bmatrix} M_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & M_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & M_3 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & M_J \end{bmatrix} \quad \cdots (120)$$

外乱 w の数を J (J は 1 以上の整数) 種類としたとき、スケーリング行列 M は $J \times J$ 行列となる。スケーリング行列 M の要素 M_j は J 番目の外乱 w_j に対する重みである。各要素 M_j は、各外乱 w_j による制御量 y への影響を調整することにより外乱抑制性能を決める調整パラメータである。

次に、本実施例における感度重み W_s の決定方法について説明する。まず、感度重み W_s の一般式を次式に示す。

$$W_s = \begin{bmatrix} W_{s1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & W_{s2} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & W_{s3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & W_{sL} \end{bmatrix} \quad \cdots (121)$$

制御量 y の数を L (L は 1 以上の整数) 種類としたとき、感度重み W_s は $L \times L$ 行列となる。感度重み W_s の要素 W_{si} は L 番目の制御量 y_L に対する重みである。感度重み W_s を決定するには、図 19 のロバスト制御系を単純化した図 22 のような閉ループ系を用いて考える。図 22 において、111a は制御対象の数値モデル P を表すブロック、113a は周波数重み W_s を表すブロックである。

設定値追従や外乱抑制などの主として速応性に関する制御性能を示す感度関数を $S(s)$ としたとき、感度関数 $S(s)$ のゲイン $|S(j\omega)|$ が小さい程、設定値応答に与えるモデル変動の影響が少なくなり好ましい。各周波数における制御仕様を $S_{spec}(\omega)$ で与えると、次式のような感度関数 $S(s)$ に関する条件が得られる。

$$|S(j\omega)| < S_{spec}(\omega); \forall \omega \quad \cdots (122)$$

$\forall \omega$ は全ての周波数 ω について式 (122) が成立することを意味している。

一方、感度関数 $S(s)$ は、図 2 2 に示す閉ループ系の設定値 r から偏差 e に至る伝達関数 $G_{er}(s)$ に相当するので、制御対象の伝達関数を $P(s)$ 、コントローラの伝達関数を $K(s)$ としたとき、次式が得られる。

$$S(s) = G_{er}(s) = \frac{-1}{1 - P(s)K(s)} \quad \dots (123)$$

また、図 2 2 に示す閉ループ系の設定値 r から制御量 y に至る伝達関数 $G_{yr}(s)$ は次式のように得られる。

$$G_{yr}(s) = \frac{-P(s)K(s)}{1 - P(s)K(s)} \quad \dots (124)$$

式 (123)、式 (124) より、感度関数 $S(s)$ は次式のように求めることができる。

$$S(s) = G_{yr}(s) - 1 \quad \dots (125)$$

本実施例では、図 2 2 に示す閉ループ系の過渡応答特性、すなわち閉ループ系の設定値 r から制御量 y に至る伝達関数 $G_{yr}(s)$ を以下のように 1 次遅れ特性で近似して、伝達関数 $G_{yr}(s)$ の仕様として $G_{yr_spec}(s)$ を与える。

$$G_{yr_spec}(s) = \frac{1}{T_{sL}s + 1} \quad \dots (126)$$

式 (126) において、 T_{sL} は L 番目の制御量 y_L に関する時定数である。式 (125) の $G_{yr}(s)$ の代わりに式 (126) の $G_{yr_spec}(s)$ を用いると、次式のような制御仕様 $S_{spec}(s)$ が得られる。

$$S_{spec}(s) = -\frac{T_{sL}s}{T_{sL}s + 1} \quad \dots (127)$$

本実施例では、 L 番目の制御量 y_L に関する周波数重み $W_{sL}(s)$ を次式のように設定する。

$$W_{sL}'(s) = \frac{1}{S_{\text{spec}}(s)} = -\frac{T_{sL}s + 1}{T_{sL}s} \quad \dots (128)$$

周波数重み $W_{sL}'(s)$ は、 $\alpha^{-1}(s)$ と $W_{sL}(s)$ とを掛け合わせたものであり、次式のように定義される。

$$W_{sL}'(s) = \alpha^{-1}(s)W_{sL}(s) \quad \dots (129)$$

周波数重み $W_{sL}'(s)$ を式 (128) のように設定すると、式 (122) を次式のように変形することができる。

$$|S(j\omega)| < \frac{1}{|W_{sL}'(j\omega)|}; \forall \omega \quad \dots (130)$$

さらに、式 (130) は H_∞ ノルムを用いると次式のように書き直すことができる。

$$\|W_{sL}'(s)S(s)\|_\infty < 1 \quad \dots (131)$$

式 (131) は、図 22 に示す閉ループ系の設定値 r から偏差 e に至る伝達関数（正確には、設定値 r に周波数重み $\alpha^{-1}(s)W_{sL}(s)$ を掛けた、 r から z に至る伝達関数）の H_∞ ノルムが 1 未満であることを示している。この式 (131) は、設定値追従特性を考慮したコントローラ K の設計指標である。したがって、周波数重み $W_{sL}'(s)$ を式 (128) のように設定することにより、式 (131) が満たされ、設定値追従特性を考慮したコントローラ K の設計が可能となる。式 (128) を変形すると、次式が得られる。

$$W_{sL}'(s) = \frac{s+a}{s} \cdot \frac{-(T_{sL}s + 1)}{T_{sL}(s+a)} \quad \dots (132)$$

式 (132) の右辺第 1 項は $\alpha^{-1}(s)$ である。したがって、感度重み W_s の要素 $W_{sL}(s)$ は次式のように算出することができる。

$$W_{sL}(s) = -\frac{T_{sL}s + 1}{T_{sL}(s + a)} \quad \dots (133)$$

式(133)を代入することにより、式(121)は以下のように表すことができる。

$$W_s = \begin{bmatrix} -\frac{T_{s1}s + 1}{T_{s1}(s + a)} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\frac{T_{s2}s + 1}{T_{s2}(s + a)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{T_{s3}s + 1}{T_{s3}(s + a)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -\frac{T_{sL}s + 1}{T_{sL}(s + a)} \end{bmatrix} \quad \dots (134)$$

こうして、感度重み W_s を決定することができる。次に、以上のような動作を図15を用いて説明する。過渡応答パラメータ、すなわち時定数 T_{sL} は、設計装置の利用者によって過渡応答パラメータ入力部101に設定される。この時定数 T_{sL} の設定は各制御量 y 毎に行われる。過渡応答パラメータ登録部102は、過渡応答パラメータ入力部101から入力された時定数 T_{sL} をそのまま閉ループ伝達関数算出部103へ出力する。閉ループ伝達関数算出部103は、入力された時定数 T_{sL} を式(126)に代入して、図22に示す閉ループ系の設定値 r から制御量 y に至る伝達関数 $G_{yr}(s)$ を算出し、これを周波数感度重み算出部104へ出力する。続いて、周波数感度重み算出部104は、伝達関数 $G_{yr}(s)$ を基に式(125)、式(127)、式(128)、式(132)～式(134)を用いて感度重み W_s を算出し、これをコントローラ算出部105へ出力する。記憶部106は、式(101)～式(115)で説明した図18の一般化プラントの数式を記憶している。コントローラ算出部105は、記憶部106に記憶された一般化プラントの数式に感度重み W_s を登録して、 r イテレーションを行うことにより、コントローラ K のパラメータを算出する。このとき、相補感度重み W_r とスケーリング行列 T 、 M とは、記憶部106の一般化プラントに予め設定

されている。こうして、コントローラ K の設計を行うことができる。

前述のようにプロセス制御等の分野では、周波数領域で制御仕様を与えることが難しく、周波数感度重み W_s の決定が困難であった。これに対して、本実施例では、閉ループ系の過渡応答特性（伝達関数 $G_{yr}(s)$ ）を設定することにより、この過渡応答特性に基づいて感度重み W_s を算出することができる。これにより、プロセス制御のように周波数応答特性を制御仕様として与えることが困難な分野であっても、 H_∞ 制御理論に基づくコントローラの設計が可能となる。その結果、制御対象の変動や数値モデルの不確かさを考慮した多変数制御系の設計が容易となる。また、制御実行時の計算負荷が軽く、小規模な制御システムでも実装できるという H_∞ 制御の特徴を生かしたコントローラを実現することができる。また、閉ループ系の過渡応答特性を1次遅れ特性で近似することにより、制御設計のためのパラメータが設計者にとって直感的に分かりやすいものとなるので、設計者にとって分かりやすく使いやすい設計装置を実現することができる。また、パラメータが設計者にとって直感的に分かりやすいので、いったん設計した後、設計変更を行う場合にも、設計変更が容易な設計装置を実現することができる。

[第6実施例]

第5実施例では、閉ループ系の過渡応答特性を1次遅れで近似し、各制御量に対する閉ループ時定数を指定することにより、感度重み W_s を決定した。この場合、過渡応答特性に基づく制御設計と言えども、指定する設計パラメータは各制御量に対して1つのみであり、また得られる制御系は必ずしも指定したとおりに1次遅れのように動作しない。多変数制御の実用性を考えると、設計パラメータの数を増やすことは良いことではないが、設計パラメータの意味を明確にした上で設計の自由度を高めるのであれば、必ずしも誤った方針ではないと考えられる。そこで、本実施例では、閉ループ系の特性を一般に良く用いられる2次系で近似し、その過渡応答特性パラメータを指定することにより設計を行う。

まず、各制御量に対する図2.2の閉ループ系の過渡応答を次式のように2次系で近似する。

$$\frac{y}{r} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots (135)$$

式(135)において、 ζ ($\zeta > 0$) は減衰係数、 ω_n ($\omega_n > 0$) は固有振動数である。式(135)で示したシステムの特性方程式の解は、次式のように得られる。

$$s = -\zeta\omega_n \pm \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1} \quad \dots (136)$$

いま、ステップ入力 ($r(s) = 1/s$) を与えると、閉ループ系の出力である制御量 $y(s)$ は次式のように求めることができる。

$$\begin{aligned} y(s) &= \frac{\omega_n^2}{(s-s_1)(s-s_2)} \cdot \frac{1}{s} \\ &= \frac{1}{s} + \frac{C_1}{s + \zeta\omega_n - \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1}} + \frac{C_2}{s + \zeta\omega_n + \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1}} \quad \dots (137) \end{aligned}$$

式(137)におけるパラメータ s_1 , s_2 , C_1 , C_2 はそれぞれ次式のようになる。

$$\begin{aligned} s_1 &= -\zeta\omega_n + \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1} \quad , \quad s_2 = -\zeta\omega_n - \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1} \\ C_1 &= \frac{-\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} \quad , \quad C_2 = \frac{\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} \quad \dots (138) \end{aligned}$$

いま、2次系の特性で最も重要な減衰振動 ($0 < \zeta < 1$) の場合を考える。このとき、パラメータ C_1 , C_2 はそれぞれ次式のようになる。

$$C_1 = \frac{i(\zeta + i\sqrt{1 - \zeta^2})}{2\sqrt{1 - \zeta^2}} \quad , \quad C_2 = \frac{i(-\zeta + i\sqrt{1 - \zeta^2})}{2\sqrt{1 - \zeta^2}} \quad \dots (139)$$

これにより、図22に示す閉ループ系の時間応答は次式のように表すことができる。

$$\begin{aligned}
y(t) &= 1 + \frac{i(\zeta + i\sqrt{1-\zeta^2})}{2\sqrt{1-\zeta^2}} \cdot \exp(-\zeta\omega_n + i\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})t \\
&\quad + \frac{i(-\zeta + i\sqrt{1-\zeta^2})}{2\sqrt{1-\zeta^2}} \cdot \exp(-\zeta\omega_n - i\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})t \\
&= 1 + \frac{i(\zeta + i\sqrt{1-\zeta^2})}{2\sqrt{1-\zeta^2}} \cdot e^{-\zeta\omega_n t} \left(\cos\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t + i\sin\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t \right) \\
&\quad + \frac{i(-\zeta + i\sqrt{1-\zeta^2})}{2\sqrt{1-\zeta^2}} \cdot e^{-\zeta\omega_n t} \left(\cos\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t - i\sin\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t \right) \\
&= 1 - e^{-\zeta\omega_n t} \left(\cos\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t + \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t \right) \\
&= 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}t + \psi\right), \quad \psi = \cos^{-1}\zeta \quad \dots (140)
\end{aligned}$$

式(140)で表される閉ループ系の時間応答の1例を図23に示す。図23は、時間0において100%のステップ状の設定値 r を与えたときの制御量 y の様子を示している。この時間応答に対応する2次系の一般的な過渡応答特性を表すパラメータとしては、制御量 y が設定値 r （ここでは100%）と同じ値に達するまでの時間である立ち上がり時間 t_r 、制御量 y が設定値 r を超えた後に最初にとる過渡偏差の極値である行過ぎ量 OS 、制御量 y が行過ぎ量 OS に達するまでの時間である行過ぎ時間 t_p 、制御量 y が設定値 r に対して5%の範囲内におさまるまでの時間である整定時間 t_s 、図23に示す a_1 と a_2 の比である減衰比 DR がある。立ち上がり時間 t_r は、減衰係数 ζ と固有振動数 ω_n とを用いて次式のように表すことができる。

$$t_r = \frac{1}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} (\pi - \cos^{-1}\zeta) \quad \dots (141)$$

同様に、行過ぎ時間 t_p を以下に示す。

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} \quad \dots (142)$$

整定時間 t_n は次式のように求めることができる。

$$t_q = \frac{3}{\zeta \omega_n} \quad \dots (143)$$

また、行過ぎ量 OS は減衰係数 ζ を用いて次式のように求めることができる。

$$OS = \exp\left(\frac{-\zeta \pi}{\sqrt{1 - \zeta^2}}\right) \quad \dots (144)$$

そして、減衰比 DR は次式のように求めることができる。

$$DR = a_2 / a_1 = \exp\left(-2 \pi \zeta / \sqrt{1 - \zeta^2}\right) \quad \dots (145)$$

式 (135) より、図 22 に示す閉ループ系の設定値 r から制御量 y に至る伝達関数 $G_{yr}(s)$ は次式のように得られる。

$$G_{yr}(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \zeta \omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots (146)$$

第 5 実施例と同様に、周波数重み $W_{sL}'(s)$ を次式のように設定すると、式 (131) が満たされ、設定値追従特性を考慮したコントローラ K の設計が可能となる。

$$W_{sL}'(s) = \frac{1}{S_{spec}(s)} = \frac{1}{G_{yr}(s) - 1} = \frac{1}{\frac{\omega_{nL}^2}{s^2 + 2 \zeta_L \omega_{nL} s + \omega_{nL}^2} - 1} \quad \dots (147)$$

式 (147) において、 ζ_L は L 番目の制御量 y_L に関する減衰係数、 ω_{nL} は制御量 y_L に関する固有振動数である。式 (147) は次式のように変形することができる。

$$\begin{aligned}
W_{sL}'(s) &= \frac{s^2 + 2\zeta_L \omega_{nL} s + \omega_{nL}^2}{-s^2 - 2\zeta_L \omega_{nL} s} \\
&= \frac{s+a}{s} \cdot \frac{-(s^2 + 2\zeta_L \omega_{nL} s + \omega_{nL}^2)}{(s + 2\zeta_L \omega_{nL})(s+a)} \quad \dots (148)
\end{aligned}$$

式(148)の右辺第1項は $\alpha^{-1}(s)$ である。したがって、感度重み W_s の要素 $W_{sL}(s)$ は次式のように算出することができる。

$$W_{sL}(s) = -\frac{s^2 + 2\zeta_L \omega_{nL} s + \omega_{nL}^2}{(s + 2\zeta_L \omega_{nL})(s+a)} \quad \dots (149)$$

式(149)を代入することにより、式(121)は以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned}
W_s &= \\
&\begin{bmatrix} -\frac{s^2 + 2\zeta_1 \omega_{n1} s + \omega_{n1}^2}{(s + 2\zeta_1 \omega_{n1})(s+a)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\frac{s^2 + 2\zeta_2 \omega_{n2} s + \omega_{n2}^2}{(s + 2\zeta_2 \omega_{n2})(s+a)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & -\frac{s^2 + 2\zeta_L \omega_{nL} s + \omega_{nL}^2}{(s + 2\zeta_L \omega_{nL})(s+a)} \end{bmatrix} \\
&\quad \dots (150)
\end{aligned}$$

式(150)を用いて感度重み W_s を算出するには、減衰係数 ζ_L と固有振動数 ω_{nL} とを求めてやる必要がある。減衰係数 ζ_L と固有振動数 ω_{nL} とを求めるには、前述した立ち上がり時間 t_r 、行過ぎ時間 t_p 、整定時間 t_n 、行過ぎ量 OS および減衰比 DR のうちから2つを選択し、選択した2つのパラメータの値を設定すればよい。本実施例では、減衰係数 ζ_L と固有振動数 ω_{nL} の算出方法の1例として、立ち上がり時間 t_r と行過ぎ量 OS とを用いた場合について説明する。式(144)に示す行過ぎ量 OS より減衰係数 ζ_L は次式のように求めることができる。

$$\zeta_L = \sqrt{\frac{(\ln(OS_L))^2}{\pi^2 + (\ln(OS_L))^2}} \quad \dots (15.1)$$

式(15.1)において、 OS_L はL番目の制御量 y_L に関する行過ぎ量である。また、式(14.1)に示す立ち上がり時間 t_{rL} より固有振動数 ω_{nL} は次式のよう求めることができる。

$$\omega_{nL} = \frac{\pi - \cos^{-1} \zeta_L}{t_{rL} \sqrt{1 - \zeta_L^2}} \quad \dots (15.2)$$

式(15.2)において、 t_{rL} はL番目の制御量 y_L に関する立ち上がり時間である。このように、行過ぎ量 OS_L の値を設定すれば、式(15.1)より減衰係数 ζ_L を算出することができ、立ち上がり時間 t_{rL} の値を設定すれば、式(15.2)より固有振動数 ω_{nL} を算出することができる。以上のようにして、感度重み W_s を決定することができる。

本実施例においても、設計装置としての構成は第5実施例とほぼ同様である。そこで、図15を用いて本実施例の設計装置の動作を説明する。過渡応答パラメータ、すなわち行過ぎ量 OS_L と立ち上がり時間 t_{rL} とは、設計装置の利用者によって過渡応答パラメータ入力部101に設定される。この行過ぎ量 OS_L と立ち上がり時間 t_{rL} の設定は各制御量 y 毎に行われる。本実施例における過渡応答パラメータ登録部102は、過渡応答パラメータ入力部101から入力された行過ぎ量 OS_L と立ち上がり時間 t_{rL} とをそのまま閉ループ伝達関数算出部103へ出力する。閉ループ伝達関数算出部103は、行過ぎ量 OS_L と立ち上がり時間 t_{rL} とを基に式(15.1)、式(15.2)を用いて減衰係数 ζ_L 、固有振動数 ω_{nL} を算出し、この減衰係数 ζ_L と固有振動数 ω_{nL} とを式(14.6)に代入して伝達関数 $G_{yr}(s)$ を算出し、伝達関数 $G_{yr}(s)$ を周波数感度重み算出部104へ出力する。続いて、周波数感度重み算出部104は、伝達関数 $G_{yr}(s)$ を基に式(14.7)～式(15.0)を用いて感度重み W_s を算出し、これをコントローラ算出部105へ出力する。コントローラ算出部105および記憶部106の動作は第5実施例と全く同じである。こうして、コントローラ K の設計を行う

ことができる。

以上のように、本実施例では、閉ループ系の過渡応答特性を2次系の特性で近似することにより、設計の自由度を高めることができ、設計装置によって得られるコントローラの適用範囲を広げることができる。なお、第1実施例～第6実施例は、多変数コントローラの設計を行う設計装置である。また、第1実施例～第6実施例の設計装置は、コンピュータ上で実現することができる。すなわち、コンピュータは、演算装置と記憶装置と入出力装置とを備え、プログラムに従って上記設計装置として動作する。

6. 産業上の利用可能性

以上のように、本発明は、多変数コントローラの設計に適している。

請 求 の 範 囲

1. 操作量に対する制御対象モデルを有する一般化プラントを用いて、 H_∞ 制御理論に基づいてコントローラの設計を行う設計装置において、

前記一般化プラントを記憶する記憶手段と、

前記制御対象モデルの応答特性、又は前記制御対象モデルと前記コントローラとからなる閉ループ系の応答特性に基づいて前記一般化プラントの構成要素のパラメータを算出するパラメータ算出手段と、

前記記憶手段に記憶された前記一般化プラントに前記パラメータを適用して、前記コントローラを導出するコントローラ算出手段とを備えることを特徴とするコントローラの設計装置。

2. 請求項1において、

前記一般化プラントは、前記制御対象モデルと、この制御対象モデルの前段に設けられた、制御対象モデルへの操作量入力を調整するための操作量重み調整手段とを有し、

前記パラメータ算出手段は、前記制御対象モデルの周波数応答を算出する周波数応答算出手段と、前記操作量重み調整手段による操作量の重み付けを決定するスケーリング行列 T を、前記制御対象モデルの周波数応答に基づき前記制御対象モデルの各ゲインが揃うように算出するスケーリング行列算出手段とを有し、

前記コントローラ算出手段は、前記記憶手段に記憶された前記一般化プラントの操作量重み調整手段に前記スケーリング行列 T を適用して、前記コントローラを導出することを特徴とするコントローラの設計装置。

3. 請求項2において、

前記スケーリング行列算出手段は、操作量 u の数を N (N は1以上の整数)種類、制御量 y の数を L (L は1以上の整数)種類、前記制御対象モデルの N 番目の操作量 u_N から L 番目の制御量 y_L に至る伝達関数の H_∞ ノルムを $\|G_{yLuN}\|_\infty$ としたとき、前記スケーリング行列 T を

$$T = \begin{bmatrix} T_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & T_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & T_3 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & T_N \end{bmatrix}$$

$$T_N = \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y1u1}\|_\infty, \|G_{y1u2}\|_\infty, \dots, \|G_{y1uN}\|_\infty)}{\|G_{y1uN}\|_\infty} \\ + \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y2u1}\|_\infty, \|G_{y2u2}\|_\infty, \dots, \|G_{y2uN}\|_\infty)}{\|G_{y2uN}\|_\infty} \\ + \dots + \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{yLu1}\|_\infty, \|G_{yLu2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLuN}\|_\infty)}{\|G_{yLuN}\|_\infty}$$

のように算出することを特徴とするコントローラ的设计装置。

4. 請求項1において、

前記一般化プラントは、操作量に対する第1の制御対象モデルと、外乱に対する第2の制御対象モデルと、前記第1の制御対象モデルの前段に設けられた、第1の制御対象モデルへの操作量入力を調整するための操作量重み調整手段とを有し、

前記パラメータ算出手段は、前記第1の制御対象モデルと第2の制御対象モデルの周波数応答を算出する周波数応答算出手段と、前記操作量重み調整手段による操作量の重み付けを決定するスケーリング行列Tを、前記第1、第2の制御対象モデルの周波数応答に基づき前記第2の制御対象モデルの各ゲイン中の最大値に前記第1の制御対象モデルの各ゲインが揃うように算出するスケーリング行列算出手段とを有し、

前記コントローラ算出手段は、前記記憶手段に記憶された前記一般化プラントの操作量重み調整手段に前記スケーリング行列Tを適用して、前記コントローラを導出することを特徴とするコントローラ的设计装置。

5. 請求項4において、

前記スケーリング行列算出手段は、操作量uの数をN（Nは1以上の整数）種類、外乱wの数をJ（Jは1以上の整数）種類、制御量yの数をL（Lは1以上

の整数) 種類、前記第 1 の制御対象モデルの N 番目の操作量 u_N から L 番目の制御量 y_L に至る伝達関数の H^∞ ノルムを $\|G_{yLuN}\|_\infty$ 、前記第 2 の制御対象モデルの J 番目の外乱 w_J から L 番目の制御量 y_L に至る伝達関数の H^∞ ノルムを $\|G_{yLwJ}\|_\infty$ としたとき、前記スケーリング行列 T を

$$T = \begin{bmatrix} T_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & T_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & T_3 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & T_N \end{bmatrix}$$

$$T_N = \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y1w1}\|_\infty, \|G_{y1w2}\|_\infty, \dots, \|G_{y1wJ}\|_\infty)}{\|G_{y1uN}\|_\infty}$$

$$+ \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{y2w1}\|_\infty, \|G_{y2w2}\|_\infty, \dots, \|G_{y2wJ}\|_\infty)}{\|G_{y2uN}\|_\infty}$$

$$+ \dots + \frac{1}{L} \cdot \frac{\max(\|G_{yLw1}\|_\infty, \|G_{yLw2}\|_\infty, \dots, \|G_{yLwJ}\|_\infty)}{\|G_{yLuN}\|_\infty}$$

のように算出することを特徴とするコントローラ的设计装置。

6. 請求項 2 において、

前記記憶手段に記憶された一般化プラントは、前記操作量重み調整手段と制御対象モデルとコントローラとからなる閉ループ系の内部に制御量を調整するための制御量重み調整手段を有し、

前記设计装置は、前記制御量重み調整手段による制御量の重み付けを決定する重み行列 S を設定する設定手段を備えることを特徴とするコントローラ的设计装置。

7. 請求項 4 において、

前記記憶手段に記憶された一般化プラントは、前記操作量重み調整手段と第 1 の制御対象モデルとコントローラとからなる閉ループ系の内部に制御量を調整するための制御量重み調整手段を有し、

前記设计装置は、前記制御量重み調整手段による制御量の重み付けを決定する重み行列 S を設定する設定手段を備えることを特徴とするコントローラ的设计装置。

置。

8. 請求項 2 において、

前記記憶手段に記憶された一般化プラントは、前記操作量重み調整手段と制御対象モデルとコントローラとからなる閉ループ系の設定値追従特性を決定するための周波数感度重み調整手段の前段または後段に、制御量を調整するための制御量重み調整手段を有し、

前記設計装置は、前記制御量重み調整手段による制御量の重み付けを決定する重み行列 S を設定する設定手段を備えることを特徴とするコントローラの設計装置。

9. 請求項 4 において、

前記記憶手段に記憶された一般化プラントは、前記操作量重み調整手段と第 1 の制御対象モデルとコントローラとからなる閉ループ系の設定値追従特性を決定するための周波数感度重み調整手段の前段または後段に、制御量を調整するための制御量重み調整手段を有し、

前記設計装置は、前記制御量重み調整手段による制御量の重み付けを決定する重み行列 S を設定する設定手段を備えることを特徴とするコントローラの設計装置。

10. 請求項 1 において、

前記パラメータ算出手段は、前記閉ループ系の過渡応答特性を設定する設定手段と、前記閉ループ系の過渡応答特性に基づいて、前記閉ループ系の設定値追従特性を決定するための周波数感度重みを算出する周波数感度重み算出手段とを有し、

前記コントローラ算出手段は、前記記憶手段に記憶された前記一般化プラントに前記周波数感度重みを適用して、前記コントローラを導出することを特徴とするコントローラの設計装置。

11. 請求項 10 において、

前記周波数感度重み算出手段は、前記閉ループ系の過渡応答特性と、閉ループ系の設定値から偏差に至る伝達関数に前記周波数感度重みを掛けた伝達関数の H_{∞} ノルムが 1 未満であるという設計指標とに基づいて、前記周波数感度重みを算

出することを特徴とするコントローラの設計装置。

12. 請求項10において、

前記設定手段は、前記閉ループ系の過渡応答特性を1次遅れ特性で近似することを特徴とするコントローラの設計装置。

13. 請求項10において、

前記設定手段は、前記閉ループ系の過渡応答特性を2次系の特性で近似することを特徴とするコントローラの設計装置。

要 約 書

Hインフィニティ ($H\infty$) 制御理論に基づいてコントローラの設計を行う設計装置において、記憶部 3 は、一般化プラントの数式とこの一般化プラントの一部である制御対象モデルの数式とを記憶している。周波数応答算出部 4 とスケーリング行列算出部 5 とからなるパラメータ算出手段において、周波数応答算出部 4 は、制御対象モデルの周波数応答を算出し、スケーリング行列算出部 5 は、スケーリング行列 T を、制御対象モデルの周波数応答に基づき制御対象モデルの各ゲインが揃うように算出する。コントローラ算出部 6 は、一般化プラントにスケーリング行列 T を適用して、コントローラのパラメータを算出する。

図 1

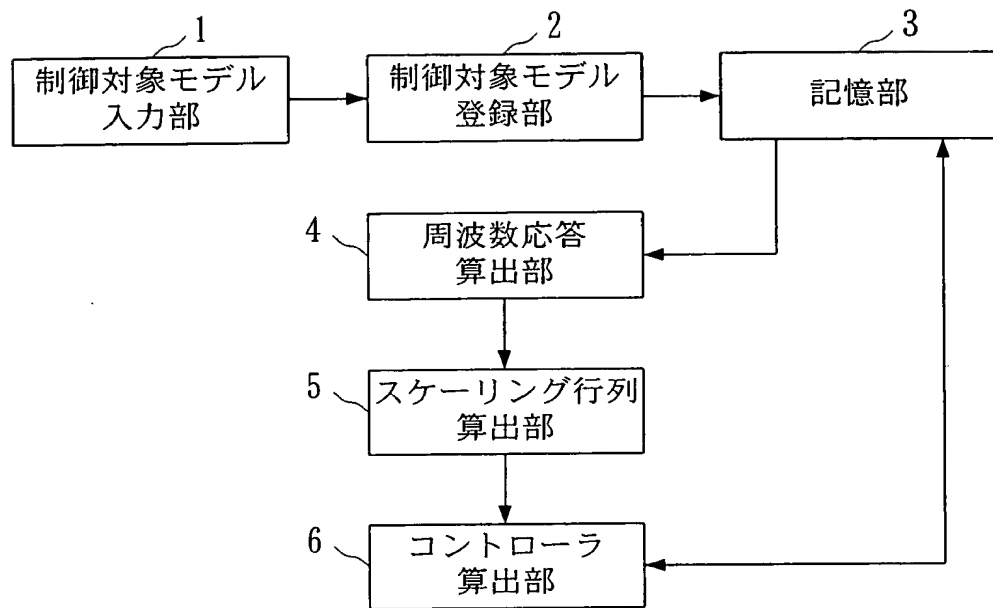


図 2

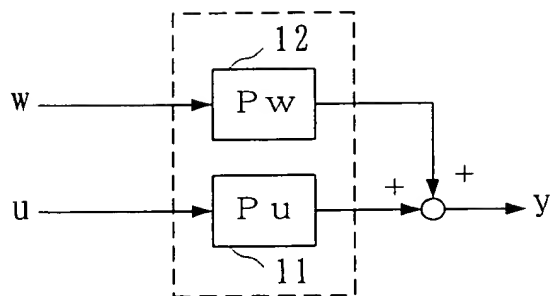


図 3

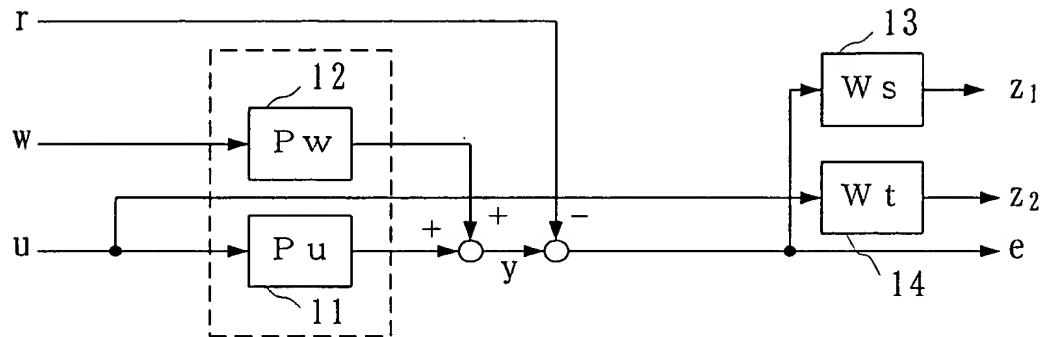


図 4

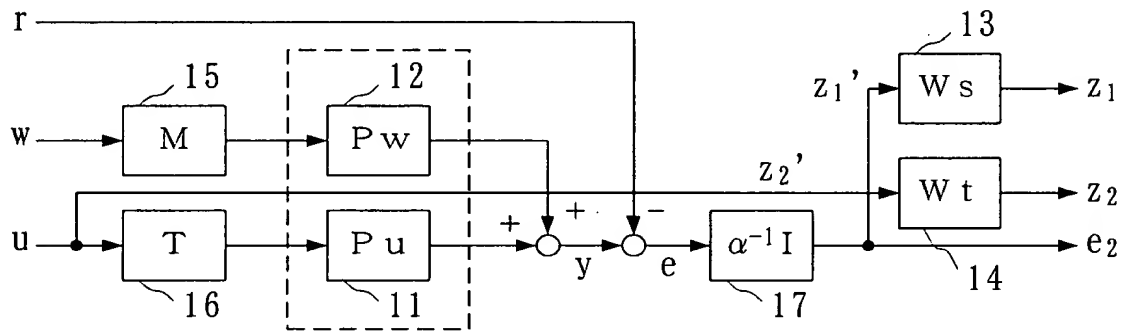


図 5

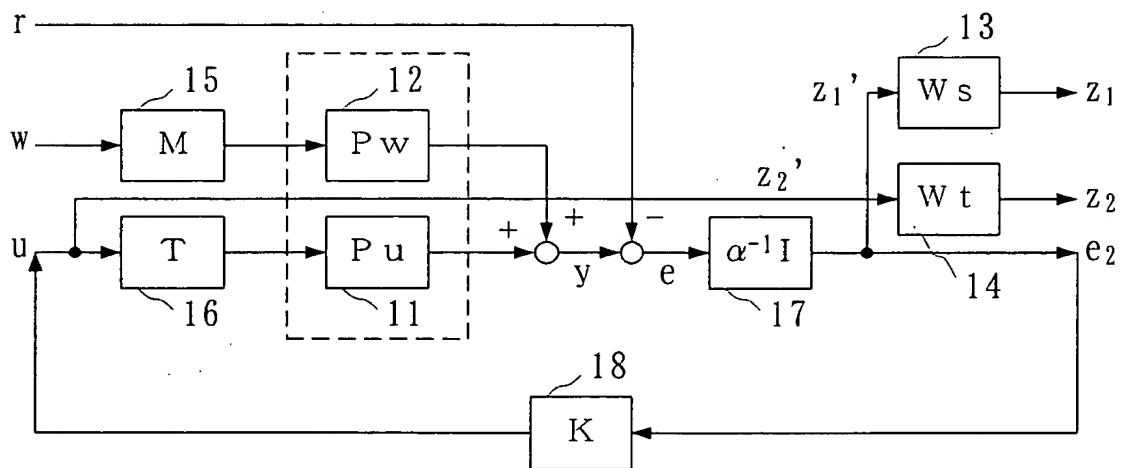


図 6

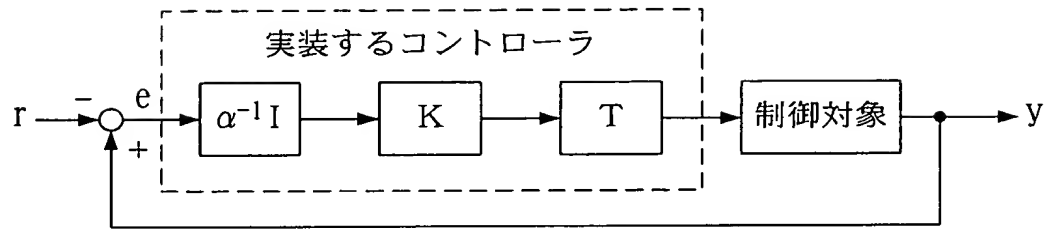


図 7

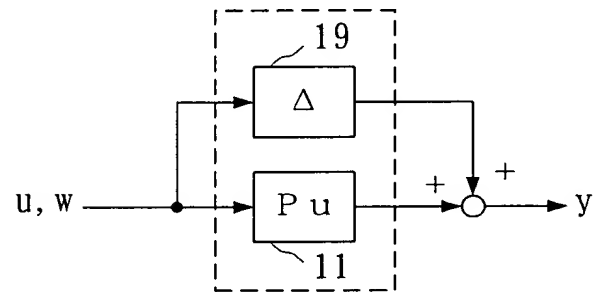


図 8

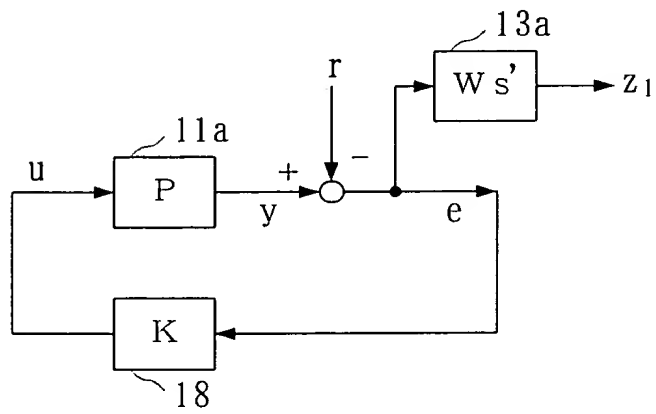


図 9 A

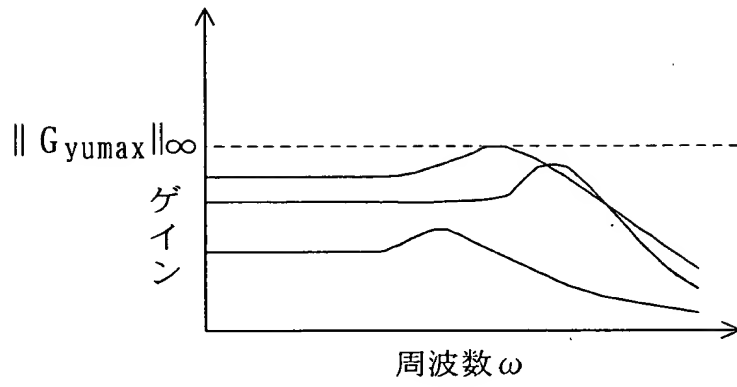


図 9 B

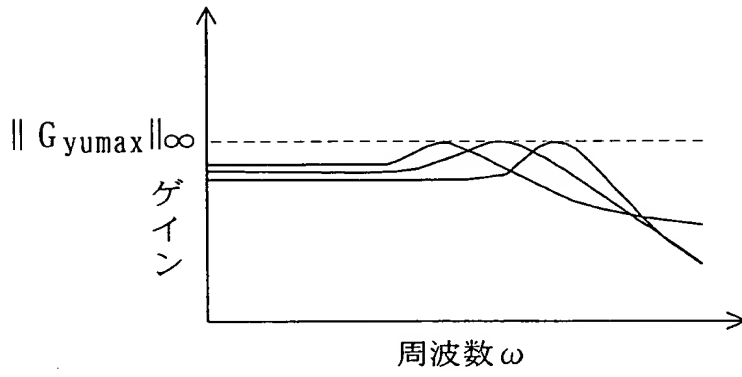


図 1 0 A

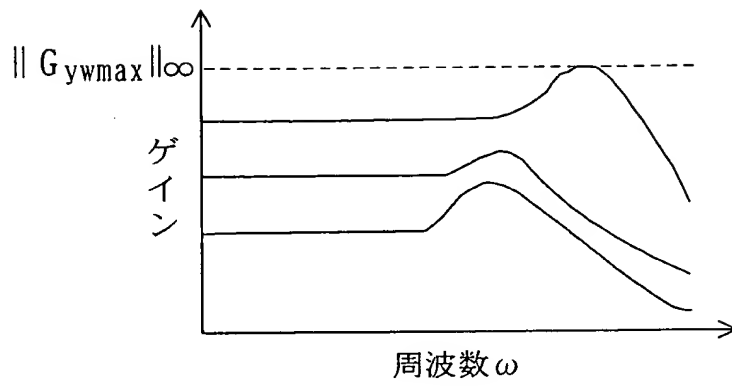


図 1 0 B

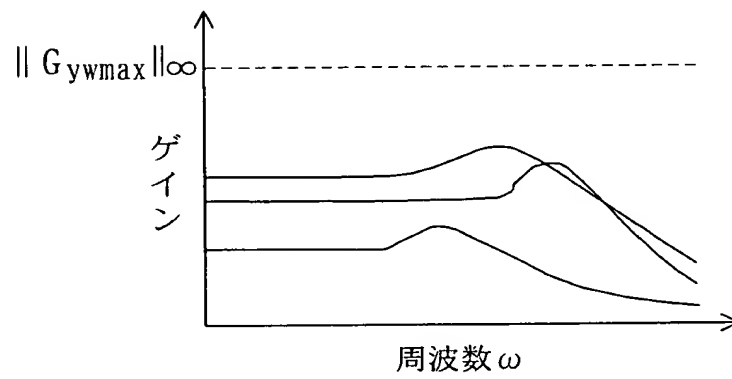


図 1 0 C

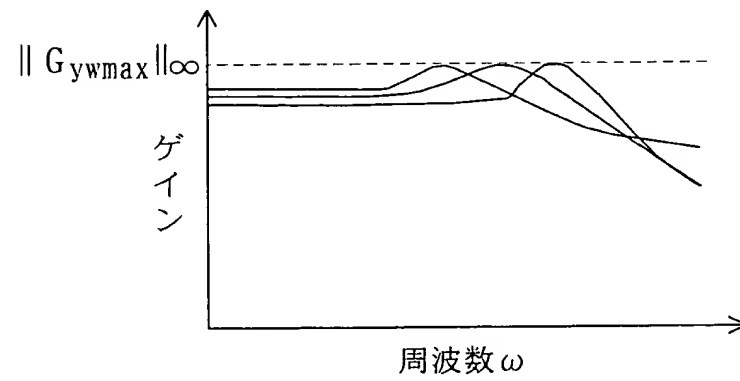


図 1 1

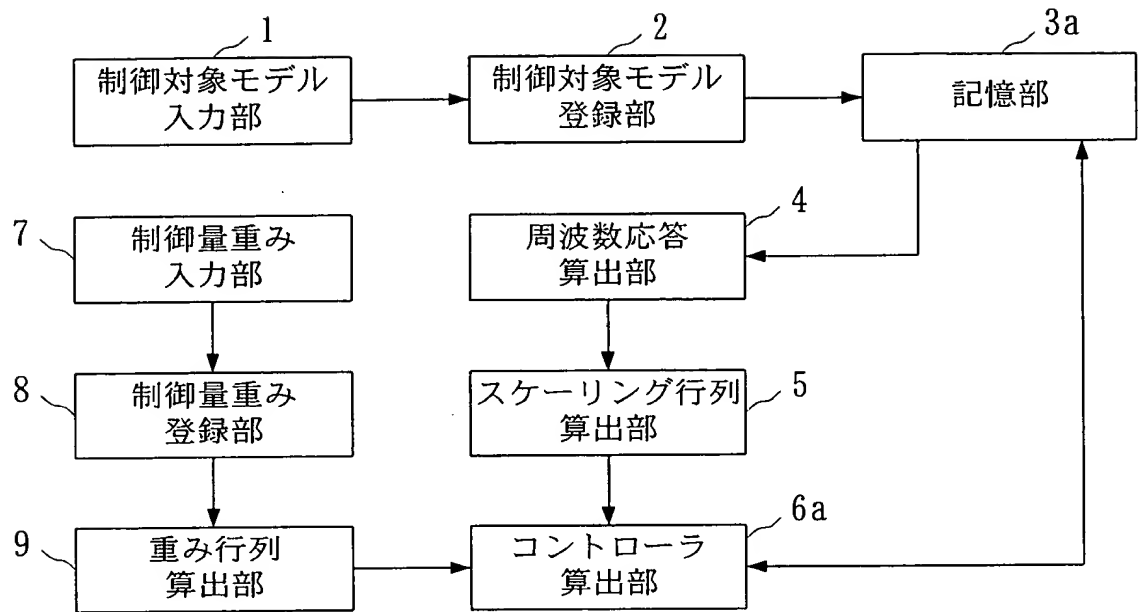


図 1 2

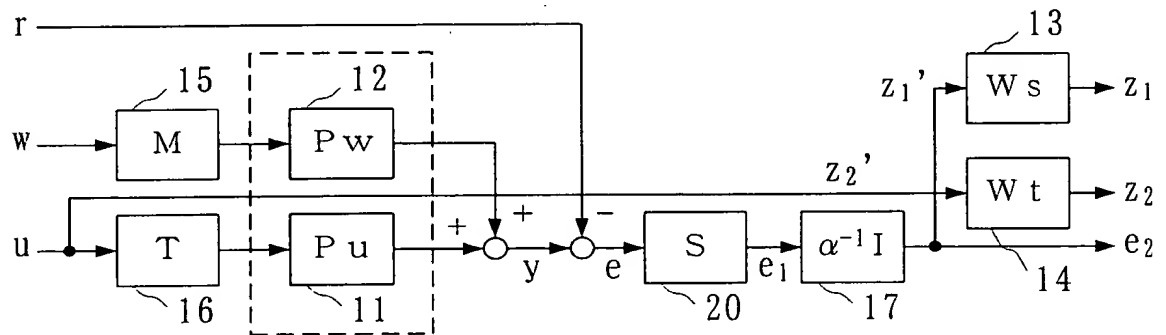


図 1 3

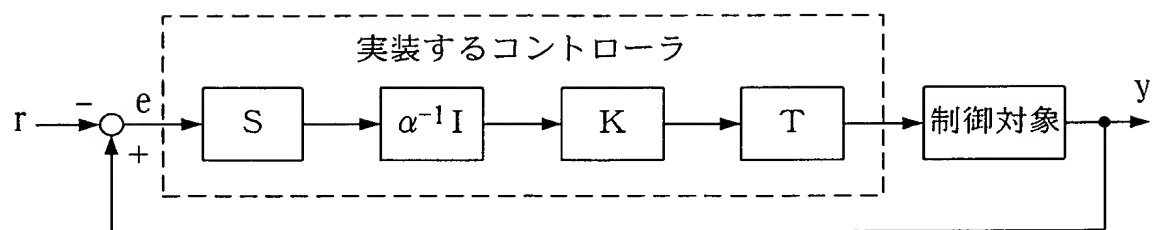


図 1 4

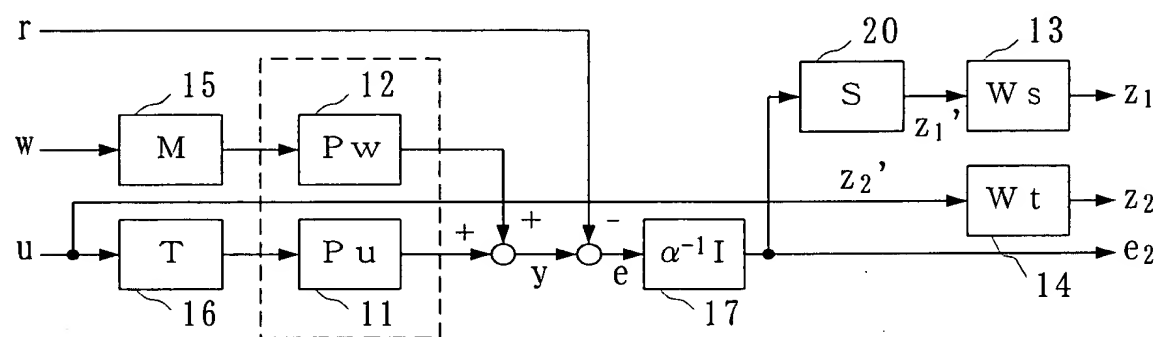


図 1 5

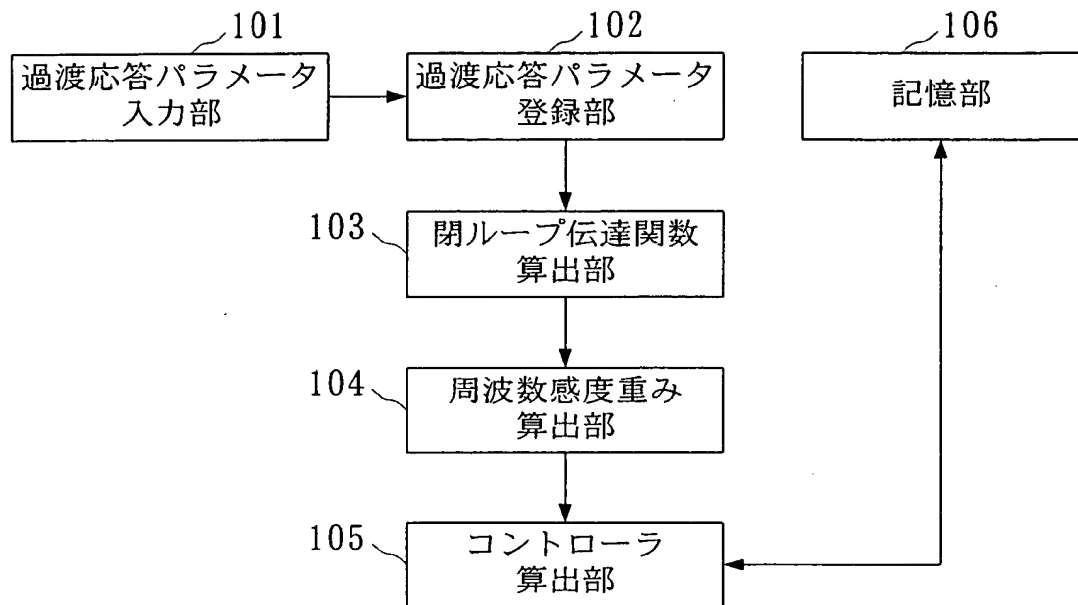


図 1 6

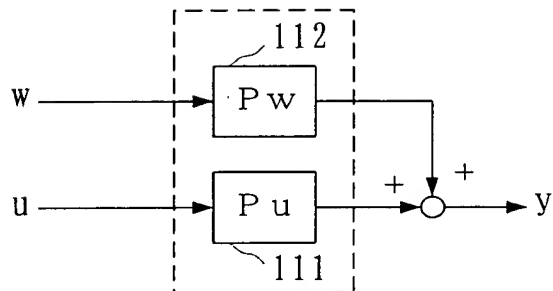


図 17

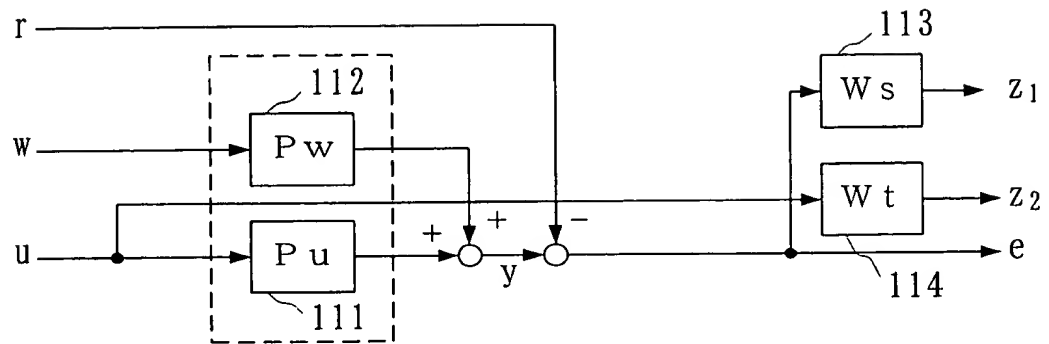


図 18

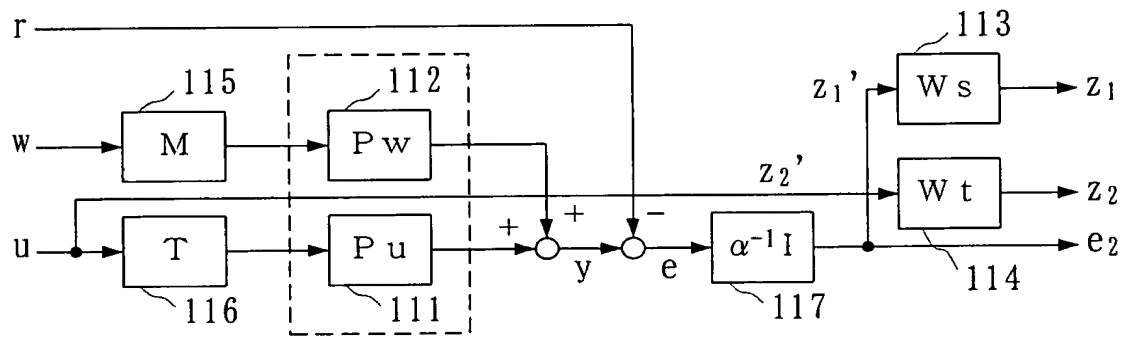


図 19

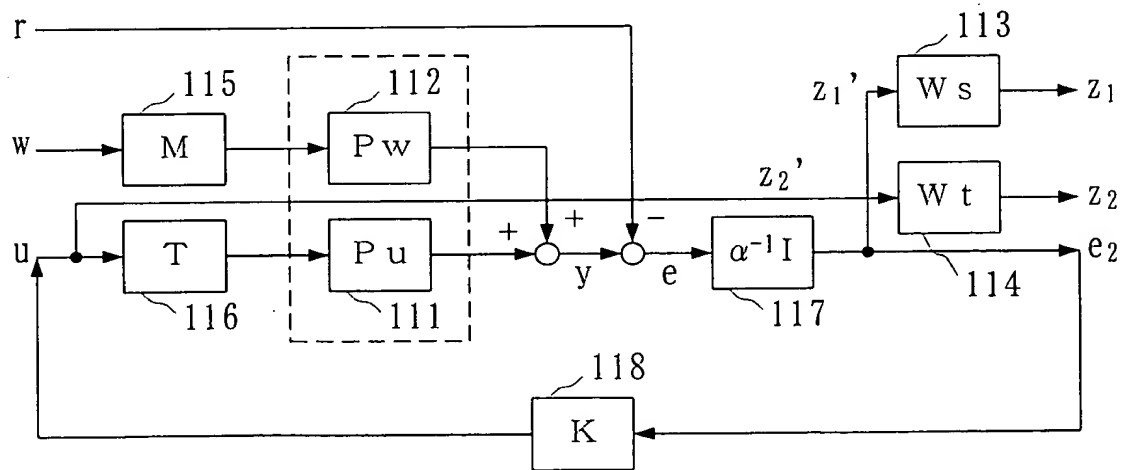


図 2 0

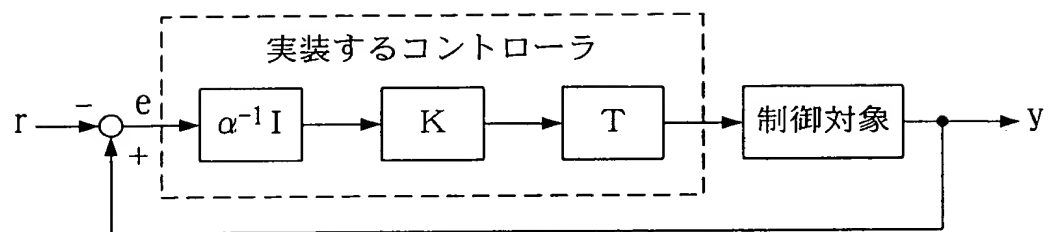


図 2 1

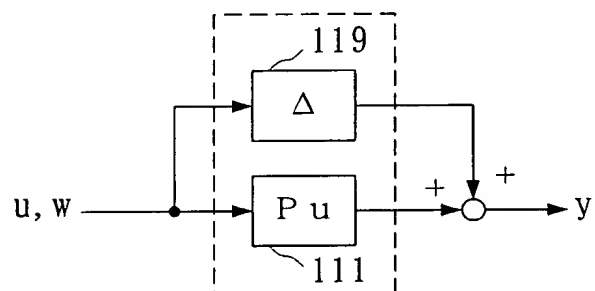


図 2 2

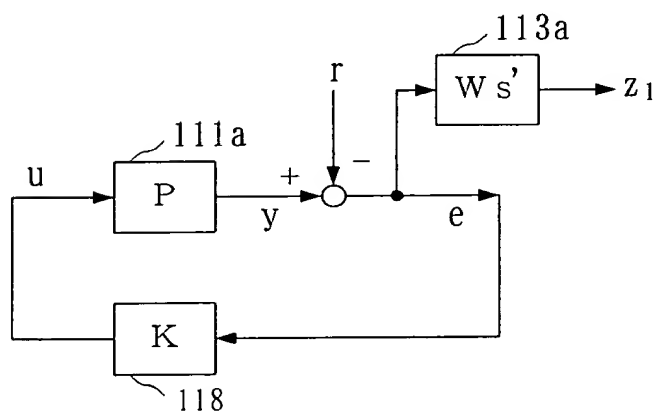
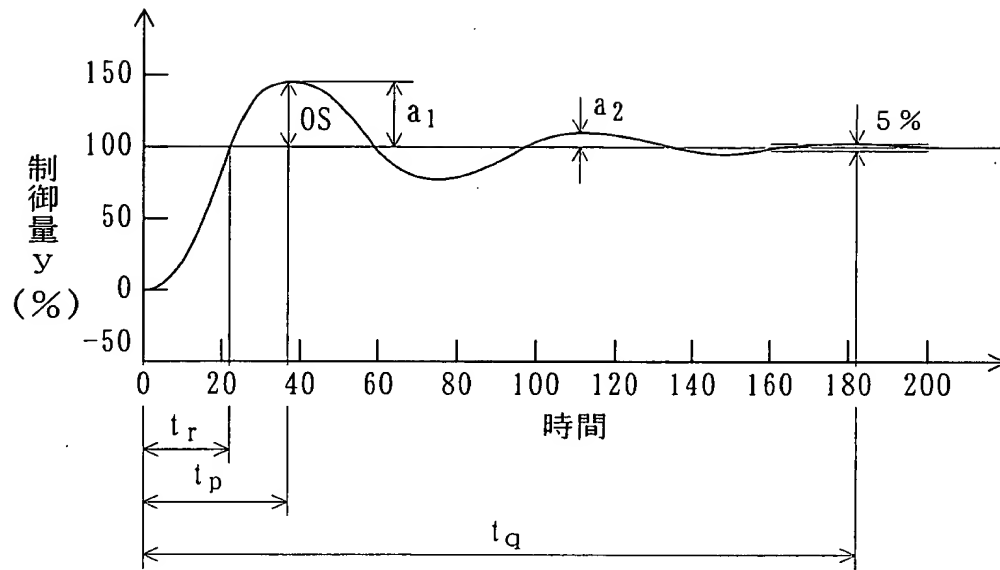


図 2 3





優先権証明願(P C T)

特許庁長官 殿

1. 事件の表示

平成11年特許願第283978号

2. 請求人

識別番号 6462

住 所 東京都千代田区永田町二丁目4番2号
秀和溜池ビル8階山川国際特許事務所内

氏 名 弁理士 山川 政樹

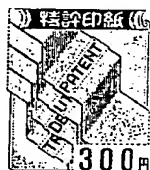
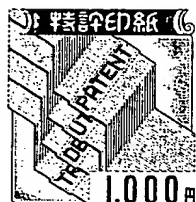


電話番号 03 (3580) 0961 (代表)

3. 出願国名 P C T

4. 証明に係る他の書類名

(提出日 平成 年 月 日)



(1,400円)